

**Caractérisation de l'habitat et de la faune des herbiers
de *Zostera marina* (L.) de la péninsule de
Manicouagan (Québec)**

Cindy Grant et Lizon Provencher

Direction régionale des Sciences
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

2007

**Rapport technique canadien des
sciences halieutiques et aquatiques 2772**



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Canada

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet ; de ce fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications intégrales. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont indexés dans la base de données *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement d'origine dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contribute to existing knowledge but that are not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter, and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is indexed in the data base *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts*.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport technique canadien
des sciences halieutiques et aquatiques 2772

2007

**Caractérisation de l'habitat et de la faune des herbiers de *Zostera marina* (L.) de la
péninsule de Manicouagan (Québec)**

par

Cindy Grant et Lizon Provencher

Direction régionale des Sciences
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec)
G5H 3Z4

© Sa majesté la Reine du Chef du Canada, 2007.

No de cat. Fs 97-6/ 2772F

ISSN 0706-6570

On devra citer la publication comme suit :

Grant, C. et L. Provencher, 2007. Caractérisation de l'habitat et de la faune des herbiers de *Zostera marina* (L.) de la péninsule de Manicouagan (Québec). Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2772 : viii + 65 p.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	V
LISTE DES FIGURES	VI
LISTE DES ANNEXES	VII
RÉSUMÉ	VIII
ABSTRACT	VIII
 1. INTRODUCTION	 1
 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES	 2
2.1 SITE À L'ÉTUDE	2
2.2 MÉTHODOLOGIE D'INVENTAIRE	3
2.2.1 CARACTÉRISATION DE L'HABITAT	4
<i>Sédiment</i>	4
<i>Température et salinité</i>	4
<i>Altimétrie</i>	4
<i>Zostera marina</i>	5
2.2.2 CARACTÉRISATION DE LA FAUNE	5
<i>Faune épiphyte</i>	5
<i>Faune benthique</i>	6
<i>Faune suprabenthique</i>	6
<i>Faune ichthyenne</i>	6
2.3 TRAITEMENT DES DONNÉES	7
2.3.1 ANALYSES UNIVARIÉES	7
2.3.2 ANALYSES MULTIVARIÉES	7
 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION	 10
3.1 CARACTÉRISATION DE L'HABITAT	10
3.1.1 SÉDIMENTS	10
<i>Dans l'herbier de <i>zostera marina</i></i>	10
<i>Comparaison entre l'herbier et le banc coquillier</i>	12
3.1.2 TEMPÉRATURE ET SALINITÉ	13
3.1.3 ALTIMÉTRIE	15
3.1.4 ZOSTERA MARINA	16
<i>Variation temporelle</i>	16
<i>Variation spatiale entre les bordures et l'intérieur de l'herbier</i>	19
<i>Variation spatiale entre les secteurs</i>	19

3.1.5 COMPARAISON AVEC D'AUTRES HERBIERS	21
3.2 CARACTÉRISATION DE LA FAUNE	23
3.2.1 FAUNE ÉPIPHYTE	23
3.2.2 FAUNE BENTHIQUE	24
<i>Dans l'herbier de zostera marina</i>	24
<i>Comparaison entre l'herbier (intérieur uniquement) et le banc coquillier</i>	29
3.2.3 FAUNE SUPRABENTHIQUE	33
3.2.4 FAUNE ICTHYENNE	36
<i>Dominance des espèces au cours de la saison</i>	37
<i>Stades de maturité</i>	39
<i>Indices gonado-somatiques</i>	41
4. CONCLUSION	44
REMERCIEMENTS	45
RÉFÉRENCES	46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Dimension des sites d'échantillonnage dans les différents secteurs de la péninsule de Manicouagan.....	3
Tableau 2. Résumé des travaux effectués en 2001 et 2004 dans l'herbier de la péninsule de Manicouagan.....	8
Tableau 3. Résumé des travaux effectués en 2005 dans l'herbier de la péninsule de Manicouagan.....	9
Tableau 4. Proportion (%) des différentes classes de tailles (μm) des sédiments et de matière organique à l'intérieur et aux bordures de l'herbier.....	11
Tableau 5. Caractéristiques de la zostère marine (moyenne \pm écart-type) au site IC de l'herbier, secteur Pointe-aux-Outardes en septembre 2004 et 2005.....	16
Tableau 6. Caractéristiques (moyenne \pm écart-type) de la zostère marine en septembre 2005.....	20
Tableau 7. Comparaison de la biomasse des systèmes foliaire et racinaire de la zostère marine, de la densité de tige et du ratio F : R.....	22
Tableau 8. Densités (nombre d'individus/ m^2 , moyenne \pm écart-type) des organismes benthiques dans le secteur Pointe-aux-Outardes (juillet 2004).....	25
Tableau 9. Biomasse (g poids humide/ m^2 , moyenne \pm écart-type) des organismes benthiques dans le secteur Pointe-aux-Outardes (juillet 2004).....	26
Tableau 10. Indices de similarité et de dissimilarité des communautés benthiques au secteur PAO (SIMPER).....	28
Tableau 11. Densité (nombre d'individus/ m^2 , moyenne \pm écart-type) et biomasse (g poids humide/ m^2 , moyenne \pm écart-type) des 10 taxons dominants, en termes d'abondance et de biomasse, de l'herbier et du banc coquillier.....	30
Tableau 12. Indices de similarité et de dissimilarité des communautés benthiques (abondance d'organismes) de l'herbier (sites intérieurs, secteur PAO uniquement) et du banc coquillier (SIMPER).....	32
Tableau 13. Abondance (nombre/échantillon, moyenne \pm écart-type) des organismes suprabenthiques de l'herbier.....	33
Tableau 14. Abondance et biomasse (g poids humide) totales des poissons récoltés en 2004 et 2005.....	36
Tableau 15. Abondance relative mensuelle des poissons récoltés en 2004 et 2005 dans l'herbier de la péninsule de Manicouagan.....	38
Tableau 16. Comparaison de la densité, du nombre d'espèces et de la diversité (indice de diversité de Shannon-Wiener) des assemblages de la macrofaune dans des herbiers de <i>Zostera marina</i>	42
Tableau 17. Comparaison du nombre d'espèces de poissons récoltés dans des herbiers de <i>Zostera marina</i>	43

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation géographique des secteurs à l'étude autour de la péninsule de Manicouagan. Image satellite IKONOS prise en août 2004.....	2
Figure 2. Proportion des différentes classes de tailles des sédiments des secteurs de l'herbier et du banc coquillier.....	10
Figure 3. Cadrage multidimensionnel des indices de dissimilarité de Bray-Curtis de la composition granulométrique de l'herbier (2005) et du banc coquillier (2001).....	12
Figure 4. Température de l'eau (° C, une mesure aux 15 minutes, à quelques cm du fond) du 1 ^{er} juin au 2 septembre 2004 dans le secteur Pointe-aux-Outardes (trait noir) et du 23 juin au 31 août 2005 dans le secteur Baie St-Ludger (trait gris)	13
Figure 5. Salinité (trait noir), température (° C, trait noir épais) et profondeur (m, trait gris) de l'eau (une mesure aux 15 minutes, à quelques cm du fond) dans le secteur Pointe-aux-Outardes (2004).....	14
Figure 6. Profils de pente des secteurs de l'herbier à l'été 2005. D et F indiquent respectivement le début et la fin de l'herbier.....	15
Figure 7. Variations saisonnière et spatiale (moyenne \pm écart-type) de la zostère marine dans les secteurs Pointe-aux-Outardes (PAO, lignes) et Baie St-Ludger (BSLa, cercles) à l'été 2004	17
Figure 8. Abondance (nombre/cm ² de feuille, moyenne \pm écart-type) et biomasse (g poids humide (PH)/cm ² de feuille, moyenne \pm écart-type) d'organismes épiphytes dans le secteur Pointe-aux-Outardes à l'été 2004	23
Figure 9. Cadrage multidimensionnel des indices de dissimilarité de Bray-Curtis des communautés benthiques de l'herbier dans le secteur Pointe-aux-Outardes (juillet 2004)	27
Figure 10. Cadrage multidimensionnel des indices de dissimilarité de Bray-Curtis des communautés benthiques de l'herbier (sites à l'intérieur de l'herbier, secteur PAO uniquement) et du banc coquillier.....	31
Figure 11. Abondance et biomasse relatives (%) des taxons suprabenthiques ayant, pour au moins une année (2004 et/ou 2005), une abondance et/ou une biomasse relatives égales ou supérieures à 5 %	35
Figure 12. Abondance de poissons récoltés (par jour de pêche) à l'été 2005 et proportions des individus juvéniles, matures ou indéterminés pour les espèces où des individus juvéniles et matures ont été trouvés	40
Figure 13. Indices gonado-somatiques moyens des individus matures pêchés à l'été 2005.	41

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Localisation des sites d'échantillonnage à l'intérieur des différents secteurs de la péninsule de Manicouagan, (A) Pointe-aux-Outardes, (B) Baie St-Ludger et (C) Pointe-Manicouagan	51
Annexe 2. Engins utilisés pour l'échantillonnage (A) de la faune suprabenthique et (B) de la faune ichthyenne	54
Annexe 3. Calendrier des périodes d'échantillonnage	56
Annexe 4. Analyse de variance multivariée par permutation (PERMANOVA, Anderson 2005) des assemblages granulométriques d'après l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis entre les secteurs (PAO, BSL et PM), les sites d'échantillonnage (BR, IC et BL) et leurs interactions	57
Annexe 5. Analyses de variance des différentes variables caractérisant la zostère marine aux secteurs de l'herbier	58
Annexe 6. Analyses de variance des caractéristiques univariées de la faune prélevée autour de la péninsule de Manicouagan	60
Annexe 7. Température moyenne journalière de l'eau (°C, trait noir) du 1 ^{er} juin au 2 septembre 2004 au secteur Pointe-aux-Outardes (PAO) et du 23 juin au 31 août 2005 au secteur Baie St-Ludger (BSL)	61
Annexe 8. Variation spatiale et saisonnière de la zostère marine à l'été 2004	62
Annexe 9. Densité (nombre d'individus/m ²) et biomasse (g PH/m ²) des taxons de la faune benthique récoltée dans le banc coquillier (été 2001)	64
Annexe 10. Indices gonado-somatiques (moyenne \pm écart-type, minimum, maximum) des individus matures récoltés dans les secteurs Baie St-Ludger et Pointe-Manicouagan à l'été 2005	65

RÉSUMÉ

Grant, C. et L. Provencher, 2007. Caractérisation de l'habitat et de la faune des herbiers de *Zostera marina* (L.) de la péninsule de Manicouagan (Québec). Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2772 : viii + 65 p.

La description de l'herbier de *Zostera marina* (L.) ceinturant la péninsule de Manicouagan a été faite en deux volets : une caractérisation de l'herbier en tant qu'habitat et une caractérisation de la faune qui le fréquente. Les conditions environnementales (salinité, température et sédiments) de la région sont favorables à l'établissement de la zostère. Pour les trois secteurs étudiés (Pointe-aux-Outardes, Baie St-Ludger et Pointe-Manicouagan), la zostère est dense et continue à l'intérieur de l'herbier et éparse sur son pourtour. L'herbier est typique des herbiers de faibles profondeurs où les perturbations physiques naturelles (dessiccation, vagues, couvert de glace) sont plus sévères. L'échantillonnage a permis de recenser 99 taxons constituant la faune épiphyte, benthique, suprabenthique et ichthyenne de l'herbier. Une forte proportion de cette faune est composée de juvéniles ce qui confirme le rôle écologique, généralement bien documenté, de pouponnière des herbiers. Comparativement à un milieu non-végétalisé (banc coquillier) situé à proximité de l'herbier, la communauté benthique de l'herbier est plus diversifiée et sa biomasse trois fois plus élevée.

ABSTRACT

Grant, C. et L. Provencher, 2007. Caractérisation de l'habitat et de la faune des herbiers de *Zostera marina* (L.) de la péninsule de Manicouagan (Québec). Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2772 : viii + 65 p.

Eelgrass (*Zostera marina* L.) beds from the Manicouagan peninsula have been described in two ways: a habitat characterization and a study of the faunal composition. Environmental conditions (salinity, temperature and sediments) in this area appeared to be appropriate to eelgrass settlement. In the three studied locations (Pointe-aux-Outardes, Baie St-Ludger and Pointe-Manicouagan), the overall eelgrass distribution is dense and continuous except along the edges. The eelgrass bed is typical of those found in shallow waters where physical disturbance is important (dessiccation, waves, ice cover). It was established that the epiphyte, benthos, suprabenthos and fish fauna is globally composed of 99 taxa. In all fauna groups, a high proportion of juvenile has been recovered supporting, as previously documented, the nursery role of eelgrass. Compared to a non-vegetated area (clam bed) close to the eelgrass bed, the benthic community is more diverse and its biomass is three times higher.

1. INTRODUCTION

Le secteur marin entourant la péninsule de Manicouagan, située sur la rive nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, a été sélectionné en 1998 par le ministère des Pêches et des Océans du Canada comme site prioritaire pour l'établissement d'une première zone de protection marine (ZPM) au Québec. La raison d'être de cette ZPM est de protéger et conserver ce secteur, lequel est reconnu pour sa forte productivité biologique et pour sa grande diversité d'habitats côtiers et marins. Parmi ces habitats, l'herbier de *Zostera marina* (L.) qui colonise les battures de la péninsule de Manicouagan a été identifié comme écosystème marin d'importance et fera l'objet d'un suivi dans les années à venir.

Mondialement, les herbiers sont reconnus comme étant des milieux très productifs offrant un habitat vital pour plusieurs espèces en zone côtière (Duarte et Chiscano 1999, Hily et Bouteille 1999, Hemminga et Duarte 2000). La structure tridimensionnelle complexe engendrée par les feuilles permet à un bon nombre d'espèces d'y trouver refuge et nourriture et ce, particulièrement pendant les premiers stades de leur cycle vital. Plusieurs auteurs ont déjà montré l'importance des herbiers comme pouponnière, autant pour les invertébrés que pour les poissons (Orth *et al.* 1984, Boström et Bonsdorff 2000, Jackson *et al.* 2001, Lazzari *et al.* 2003).

Sur la côte atlantique de l'Amérique du Nord, peu d'études ont été réalisées à une latitude supérieure à 40° N (Lalumière *et al.* 1994, Heck *et al.* 1995, Mattila *et al.* 1999, Lazzari *et al.* 2003). Les informations connues des zones tempérées nordiques proviennent principalement de la mer Baltique et des côtes bretonnes; les herbiers y sont généralement en zone subtidale et très peu soumis à l'érosion par les glaces hivernales (Boström et Bonsdorff 1997, Boström *et al.* 2002, Boström *et al.* 2006, Hily et Bouteille 1999). Nos connaissances sur les herbiers québécois se limitent essentiellement à trois études, lesquelles ont peu couvert la faune (Lalumière 1991, Lalumière *et al.* 1994, Lemieux et Lalumière 1995). Par ailleurs, la renommée mondiale des herbiers n'est pas confirmée dans nos régions. Au Québec, *Zostera marina* est la seule espèce de phanérogame marine immergée. L'herbier qu'elle forme autour de la péninsule de Manicouagan est le plus grand herbier connu de la Côte-Nord. Il compte également parmi les plus importants du système laurentien, avec ceux de la baie de Caspédia et de l'Île-Verte.

Le premier objectif de cette étude est de caractériser l'herbier en tant qu'habitat. Pour ce faire, des paramètres physiques (sédiments, température, salinité et altimétrie) ont été analysés de même que les paramètres biologiques décrivant la zostère elle-même et ce, aux échelles temporelle et spatiale. Le second objectif est la caractérisation de la faune (i.e., épiphyte, benthique, suprabenthique et ichtyenne) qui habite ou visite l'herbier. Celle-ci a été décrite en termes de richesse spécifique, d'abondance et de biomasse. De plus, la communauté benthique de l'herbier a été comparée à celle d'un milieu non-végétalisé, soit un banc coquillier situé à proximité de l'herbier. Cette étude fournit les connaissances de base nécessaires au développement du plan de suivi de la santé de cet écosystème de la ZPM Manicouagan.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE À L'ÉTUDE

La péninsule de Manicouagan (49° 08' N, 68° 31' W) est située sur la rive nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent (Québec, Canada) entre deux rivières majeures, la rivière aux Outardes et la rivière Manicouagan (Figure 1). La péninsule est soumise à un régime de marée semi-diurne dont l'amplitude maximale est de 3 m. Toute la zone est sujette à une forte érosion (Lalumière 1991). Une vaste batture sablonneuse, s'étendant sur une largeur de 2 à 4 km, ceinture la péninsule et se découvre complètement lors des grandes marées mensuelles de vives-eaux dévoilant la présence d'un vaste herbier monospécifique de zostère marine (*Zostera marina* L.). Cette plante vasculaire est une halophyte stricte (intolérante à des salinités inférieures à 5) et elle forme des peuplements végétaux serrés dans les milieux à fond meuble des zones tempérées intertidales et subtidales de l'hémisphère nord. Sa distribution s'étend, sur la côte est de l'Amérique du Nord, du Labrador à la Caroline du Nord (den Hartog 1970).

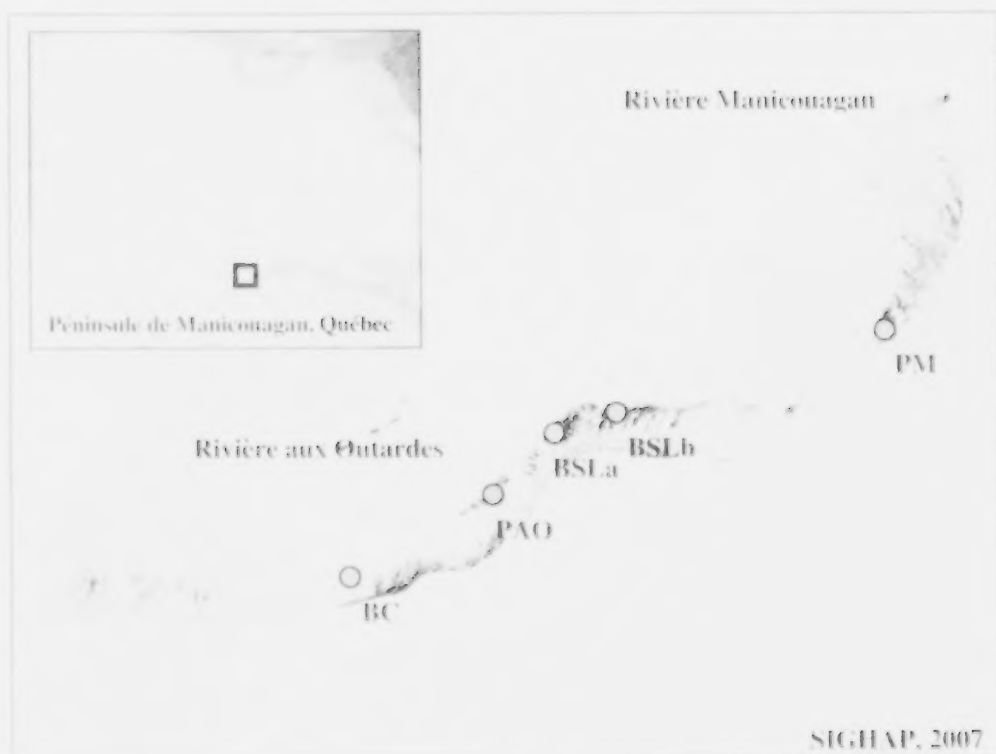


Figure 1. Localisation géographique des secteurs à l'étude autour de la péninsule de Manicouagan. Image satellitaire IKONOS prise en août 2004. Secteurs : BC = Banc coquillier (2001), PAO = Pointe aux Outardes (2004), BSLa = Baie St-Ludger (2004), BSLb = Baie St-Ludger (2005), PM = Pointe-Manicouagan (2005).

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE À L'ÉTUDE

La péninsule de Manicouagan ($49^{\circ}08'N$, $68^{\circ}31'W$) est située sur la rive nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent (Québec, Canada) entre deux rivières majeures, la rivière aux Outardes et la rivière Manicouagan (Figure 1). La péninsule est soumise à un régime de marée semi-diurne dont l'amplitude maximale est de 3 m. Toute la zone est sujette à une forte érosion (Lalumière 1991). Une vaste batture sablonneuse, s'étendant sur une largeur de 2 à 4 km, ceinture la péninsule et se découvre complètement lors des grandes marées mensuelles de vives-eaux dévoilant la présence d'un vaste herbier monospécifique de zostère marine (*Zostera marina* L.). Cette plante vasculaire est une halophyte stricte (intolérante à des salinités inférieures à 5) et elle forme des peuplements végétaux serrés dans les milieux à fond meuble des zones tempérées intertidales et subtidales de l'hémisphère nord. Sa distribution s'étend, sur la côte est de l'Amérique du Nord, du Labrador à la Caroline du Nord (den Hartog 1970).



Figure 1. Localisation géographique des secteurs à l'étude autour de la péninsule de Manicouagan. Image satellitaire IKONOS prise en août 2004. Secteurs : BC = Banc coquillier (2001), PAO = Pointe-aux-Outardes (2004), BSLa = Baie St-Ludger (2004), BSLb = Baie St-Ludger (2005), PM = Pointe-Manicouagan (2005).

L'herbier de la péninsule de Manicouagan est réparti en trois secteurs distincts, soit la batture aux Outardes, la baie St-Ludger et la portion comprise entre les pointes Manicouagan et Lebel, représentant une superficie totale de 1462,7 hectares (L. Provencher, IML, Mont-Joli, comm. pers.). Il se situe dans la partie inférieure de la zone médiolittorale et la distribution des plants est dense et continue à l'intérieur (40 % de l'herbier) et éparse et discontinue sur son pourtour (60 % de l'herbier). Le développement du couvert végétal est limité à la saison estivale dû à la présence des glaces en hiver qui, en plus de détruire annuellement le système foliaire, arrachent des parcelles de racines et rhizomes créant des îlots de zostère et des marelles sableuses dans l'herbier. Les larges battures entourant la péninsule protègent toutefois l'herbier de l'action directe des vagues.

La zone intertidale située à l'ouest de l'herbier de la péninsule est colonisée par la communauté à *Macoma balthica*. En termes de superficie, cette batture sableuse forme le plus grand banc coquillier de la Côte-Nord (16,8 km²) (Naturam Environnement 1999). La mye commune (*Mya arenaria*) est sujette à une récolte abondante dans cette zone.

2.2 MÉTHODOLOGIE D'INVENTAIRE

L'échantillonnage a été réalisé, en périodes de vives-eaux, dans les trois secteurs de l'herbier de la péninsule de Manicouagan, soit Pointe-aux-Outardes (PAO 2004), Baie St-Ludger (BSLa 2004 et BSLb 2005) et Pointe-Manicouagan (PM 2005) et dans un banc coquillier adjacent (BC 2001) (Figure 1). Puisque les données ont été récoltées lors de différentes études s'échelonnant de 2001 à 2005, la dimension des sites d'échantillonnage et les protocoles diffèrent quelque peu (Tableau 1 et Annexe I).

Tableau 1. Dimension des sites d'échantillonnage dans les différents secteurs de la péninsule de Manicouagan.

année	secteur	sites et unités d'échantillonnage
2001	Banc coquillier (BC)	2 parcelles de 28 m x 28 m positionnées aléatoirement *
2004	Pointe-aux-Outardes (PAO)	5 transects de 50 m parallèles à la rive : 3 à l'intérieur de l'herbier et 2 aux bordures
	Baie St-Ludger (BSLa)	2 transects de 50 m parallèles à la rive à l'intérieur de l'herbier
2005	Pointe-aux-Outardes (PAO)	3 parcelles de 32 m x 48 m positionnées à l'intérieur et aux bordures de l'herbier
	Baie St-Ludger (BSLb)	3 parcelles de 32 m x 48 m positionnées à l'intérieur et aux bordures de l'herbier
	Pointe-Manicouagan (PM)	3 parcelles de 32 m x 48 m positionnées à l'intérieur et aux bordures de l'herbier

* Dans la zone de concentration des récoltes.

Dans l'herbier, les sites d'échantillonnage sont positionnés soit à l'intérieur (I) ou aux bordures (B) de celui-ci. À l'intérieur, les sites sont distingués selon leur position centrale (IC), à l'ouest (IO) ou à l'est (IE). Aux bordures, les sites sont nommés selon leur position : côté de la rive (BR) ou vers le large (BL). Par souci d'alléger le texte, les abréviations seront utilisées pour désigner les secteurs d'étude ainsi que les sites d'échantillonnage.

2.2.1 Caractérisation de l'habitat

Sédiment

Dans l'herbier, les échantillons ont été prélevés aux sites intérieurs et aux bordures, soit 9 échantillons dans le secteur PAO (2004) (Tableau 2) et 12 dans chacun des secteurs BSLb (2005) et PM (2005) (Tableau 3). Dans le banc coquillier (BC 2001), 24 échantillons de sédiments ont été prélevés aléatoirement à l'intérieur de chaque site (Tableau 2). La méthode utilisée pour l'analyse granulométrique est celle du tamisage à sec. Les échantillons ont d'abord été séchés (50° C, jusqu'à l'obtention d'un poids constant) puis passés à travers une colonne de 13 tamis pour en spécifier les proportions de différentes tailles (précision 0,5 phi). La classification utilisée pour les tailles de sédiments est inspirée de celle de l'échelle Wentworth (1922) où les refus d'un groupe de tamis particulier correspondent à un type de sédiment particulier. Les résultats de chaque classe de taille sont exprimés en termes de pourcentage du poids total de l'échantillon. Pour la détermination du contenu en matière organique, déterminé pour les échantillons provenant de l'herbier uniquement, le sédiment a été séché (50° C, jusqu'à l'obtention d'un poids constant) puis brûlés (450° C pendant 8 heures). La différence de poids avant et après le brûlage exprime la portion de matière organique contenue dans l'échantillon.

Température et salinité

Des thermographes (° C) ont été fixés à quelques centimètres du fond à l'intérieur de l'herbier (IC) du 1^{er} juin au 1^{er} septembre 2004 dans le secteur PAO (Tableau 2) ainsi que du 23 juin au 31 août 2005 dans le secteur BSLb (Tableau 3). Un CTD (Conductivity Temperature Depth) a été déployé à chacune des sessions d'échantillonnage au site BL dans le secteur PAO (2004) (Tableau 2). La fréquence d'acquisition des données, pour les thermographes et le CTD, était aux 15 minutes.

Altimétrie

Les paramètres de positionnement ont été évalués à l'aide du système 6502 SK/MK de la compagnie Thales Navigation. Ce système comprend deux récepteurs GNSS (Global Navigation Satellite System) dont un permet l'opération d'une station de référence et l'autre, d'une unité mobile. Ces appareils utilisent la technologie LRK (Long Range Kinematic) qui permet une précision, dans des conditions ionosphériques normales, de 1 cm en planimétrie (x-y) et de 2 cm en altimétrie (z). Pour la présente étude, deux points géodésiques ont été utilisés comme points de référence, c'est-à-dire là où le récepteur

stationnaire (6502 S) a été installé; ce sont les points 78K0740 à Pointe-aux-Outardes et 762026 à Pointe-Manicouagan. Toutes les élévations mesurées le sont donc par rapport à ces points géodésiques connus et expriment des différences d'altitude avec le niveau moyen de la mer (zéro géodésique). Les données d'altimétrie ont été prises dans les secteurs PAO et PM uniquement (2005) selon un transect perpendiculaire à la rive (Tableau 3).

Zostera marina

En 2004, 84 échantillons de zostère marine ont été prélevés à chacun des sites des secteurs PAO et BSLa (Tableau 2) alors qu'en 2005, 36 échantillons ont été prélevés aux sites intérieurs uniquement de chaque secteur de l'herbier (Tableau 3). Les échantillons étaient prélevés aléatoirement, qu'il y ait de la zostère ou non, de façon à caractériser l'aspect continu ou discontinu de l'herbier. Pour chaque échantillon, les feuilles ont été récoltées manuellement sur une superficie de 78,54 cm² (10 cm de diamètre) et congelées alors que le système racinaire a été prélevé avec un cylindre de 10 cm de diamètre et 15 cm de profondeur, nettoyé des sédiments et congelé.

Le dénombrement des tiges a été fait en prenant soin de distinguer les tiges végétatives des reproductrices, sauf en juin 2004 où la distinction n'a pas été faite. Pour chaque échantillon, la tige la plus longue (longueur de la gaine et des feuilles) a déterminé la hauteur de la canopée. Pour les échantillons prélevés en 2004, la longueur et la largeur des feuilles ont été mesurées uniquement sur les feuilles non brisées des tiges végétatives et reproductrices. Pour les échantillons prélevés en 2005, la longueur et la largeur des feuilles ont été mesurées sur toutes les feuilles, incluant les feuilles brisées mais seulement sur les tiges végétatives. Aussi, en 2004, les superficies de recouvrement des feuilles incluent les tiges reproductrices tandis que ceux de 2005 les excluent. Ce paramètre peut donc être comparé à l'intérieur d'une même année mais pas d'une année à l'autre. Par contre, les biomasses des feuilles incluent les tiges végétatives et reproductrices pour les deux années. Les biomasses des feuilles et du système racinaire ont été obtenues par séchage à 60° C jusqu'à l'obtention d'un poids constant (précision 0,0001 g).

2.2.2 Caractérisation de la faune

Faune épiphyte

Les organismes épiphytes ont été récoltés manuellement lors de l'échantillonnage des feuilles de zostère dans le secteur PAO uniquement, de juillet à septembre 2004 (Tableau 2). Les organismes ont été fixés dans une solution de formaldéhyde 4 % et identifiés au plus bas niveau taxonomique possible. La biomasse humide par espèce et par échantillon a été prise avec une précision de 0,001 g.

Faune benthique

Les organismes endobenthiques et épibenthiques ont été échantillonnés uniquement dans le secteur PAO de l'herbier (juillet 2004) et dans le banc coquillier adjacent (été 2001). Dans l'herbier, 60 échantillons ont été prélevés à l'aide d'un cylindre de 10 cm de diamètre et 15 cm de profondeur (Tableau 2). Dans le banc coquillier, ce sont 24 échantillons qui ont été prélevés avec un cylindre de 10 cm de diamètre et 10 cm de profondeur. Les organismes ont été tamisés sur une maille de 1 mm et fixés dans une solution de formaldéhyde 4 %. Tous les organismes retenus au tamisage ont été identifiés au plus bas niveau taxonomique possible et la biomasse humide par espèce et par échantillon a été prise avec une précision de 0,001 g.

Faune suprabenthique

La faune suprabenthique comprend les espèces nageuses qui, tout en étant reliées au fond, occupent, pendant des périodes plus ou moins longues et à des distances variables mais généralement inférieures à 10 m, la couche d'eau immédiatement adjacente au fond (Brunel *et al.* 1978). Cette faune a été échantillonnée aux sites intérieurs de l'herbier dans les secteurs PAO (2004) (Tableau 2), BSLb et PM (2005) (Tableau 3) à l'aide d'un traîneau suprabenthique (cadre de 48 x 34 cm sur lequel était fixé un filet conique de maille de 1 mm, à 10 cm du fond) (Annexe 2). Durant les marées descendante et montante, le traîneau était tiré à contre-courant, à vitesse constante, sur une distance de 40 m. Les organismes récupérés ont été fixés et conservés dans une solution de formaldéhyde 4 % et identifiés au plus bas niveau taxonomique possible (biomasse humide, précision de 0,0001 g).

Faune ichtyenne

La faune ichtyenne a été capturée dans les secteurs PAO (2004) (Tableau 2), BSLb et PM (2005) (Tableau 3) au moyen d'une trappe Alaska. Celle-ci était installée face à la côte de manière à pêcher lors de la marée descendante. Le filet (ouverture 1,42 m x 1,73 m, maille 1,27 cm) était complété par deux ailes latérales (1,42 m x 8,5 m) et un guideau central (1,42 m x 61 m) (Annexe 2). Les prises étaient récoltées une fois par jour lors de la marée basse, laissant à chaque fois un temps de pêche de deux marées descendantes. Les individus ont été identifiés au plus bas niveau taxonomique possible et dénombrés. En 2005, un maximum de 60 spécimens (choisis au hasard) par espèce étaient mesurés (longueur totale) et un maximum de 30 d'entre eux étaient pesés (poids total et poids des gonades). Pour ces 30 individus, l'indice gonado-somatique (GSI, pour les individus matures) a été calculé.

2.3 TRAITEMENT DES DONNÉES

2.3.1 Analyses univariées

Les taxons de la faune benthique et suprabenthique ont été classés selon un coefficient de fréquence, afin de distinguer les espèces constantes (coefficient de fréquence ≥ 50 %), communes (11 à 49 %) et rares (≤ 10 %) (Guille 1970). L'abondance, la richesse spécifique, l'indice de diversité de Shannon-Wiener (H') et l'indice d'équitabilité de Pielou (J') ont été compilés pour chacun des groupes d'organismes.

Des analyses univariées (analyses de variance à 1 et 2 facteurs) ont été réalisées pour évaluer les variations spatiales et temporelles de la zostère et pour caractériser la faune de l'herbier. Des tests de comparaisons multiples (Tukey) ont permis les comparaisons *a posteriori*. L'homogénéité des variances et la normalité des résidus préalables aux analyses ont été testées à l'aide des tests de Cochran et de Kolmogorov-Smirnov; des transformations logarithmique ($\ln(x+1)$) ou racine carré (\sqrt{x}) ont été appliquées lorsque nécessaire pour satisfaire les postulats de base de l'analyse. Cependant, dans certain cas, la transformation des données n'a pas permis de répondre aux postulats de base de l'ANOVA. Cependant, comme nos échantillons sont balancés et que leur nombre (n) est relativement élevé, nous avons postulé que la validité du test et les probabilités associées à la distribution du F-ratio n'étaient pas affectés outre mesure par la violation des postulats d'une analyse aussi robuste que l'ANOVA (Underwood 1997).

2.3.2 Analyses multivariées

Des analyses multivariées ont été menées afin d'identifier les différences d'assemblages entre les organismes. Une matrice de similarité de Bray-Curtis a d'abord été calculée avec le logiciel Primer 5 à partir des données transformées racine quatrième ($\sqrt[4]{x}$). Cette transformation permet de réduire l'importance des espèces très abondantes (par exemple, les nématodes dans le banc coquillier) tout en augmentant l'influence des espèces rares (Clarke et Warwick 2001). Les espèces présentes dans un seul échantillon ont été soustraites de la base de données, tel que proposé par Clarke et Warwick (2001), afin de réduire le bruit que des valeurs nulles peuvent induire dans ce type d'analyse. La relation de dissimilarité entre les échantillons a été représentée graphiquement par un cadrage multidimensionnel (MDS). Une analyse de similarité (ANOSIM) a permis de tester les différences (Clarke 1993). La contribution des divers taxons à la formation des assemblages fauniques a été calculée à l'aide de la procédure SIMPER (Clarke et Warwick 2001). Une analyse de variance multivariée par permutation (PERMANOVA, Anderson 2005) a permis de comparer les différences de composition granulométrique dans l'herbier.

Pour toutes les analyses statistiques, le seuil de probabilité est fixé à 5 %. Par souci d'alléger le texte, les résultats de ces analyses sont compilés en Annexes : analyse de variance multivariée par permutation de la composition granulométrique de l'herbier en Annexe 4, analyses de variance à 1 et 2 facteurs des paramètres caractérisant la zostère marine et la faune en Annexes 5 et 6 respectivement.

Tableau 2. Résumé des travaux effectués en 2001 et 2004 dans l'herbier de la péninsule de Manicouagan. Secteurs : BC = Banc coquillier, PAO = Pointe-aux-Outardes, BSLa = Baie St-Ludger.

secteur	paramètre	méthode d'inventaire	période ¹
BC (2001)	Sédiment	12 échantillons (5 cm de diamètre et 10 cm de profondeur) à chacun des 2 sites	août 2001
	Faune benthique	12 échantillons (10 cm de diamètre et 10 cm de profondeur) à chacun des 2 sites	août 2001
PAO (2004)	Sédiment	3 échantillons (5 cm de diamètre et 15 cm de profondeur) aux sites BR, BL et IC de l'herbier	août 2004
	Température et salinité	une mesure aux 15 minutes au site BL de l'herbier pour le CTD (mensuellement) et au site IC de l'herbier pour le thermographe (en continu)	juin à septembre 2004
	<i>Z. marina</i> (système foliaire et épiphytes)	12 échantillons (10 cm de diamètre) aux sites BR, BL, IO, IC et IE de l'herbier	mensuellement, de juin à septembre 2004 ²
	<i>Z. marina</i> (système racinaire)	12 échantillons (10 cm de diamètre et 15 cm de profondeur) aux sites BR, BL, IO, IC et IE de l'herbier	juin et septembre 2004
	Faune benthique	12 échantillons (10 cm de diamètre et 15 cm de profondeur) aux sites BR, BL, IO, IC et IE de l'herbier	juillet 2004
	Faune suprabenthique	2 échantillons à marée descendante et montante prélevés au site IC de l'herbier	mensuellement, de juillet à septembre 2004
	Faune ichtyenne	pêche à la trappe Alaska à marée descendante au site IC de l'herbier	mensuellement, de juin à septembre 2004
BSLa (2004)	<i>Z. marina</i> (système foliaire)	12 échantillons (10 cm de diamètre) aux sites IO et IC de l'herbier	septembre 2004
	<i>Z. marina</i> (système racinaire)	12 échantillons (10 cm de diamètre et 15 cm de profondeur) aux sites IO et IC de l'herbier	septembre 2004

¹ L'échantillonnage a été réalisé en période de vives-eaux. Voir l'Annexe 3 pour le calendrier exact des périodes d'échantillonnage.

² La technique de prélèvement des feuilles de zostère n'étant pas au point en juin 2004, il y a eu une surestimation de la densité de tiges et de la biomasse de feuilles pour cette période. Les données de juin sont donc exclues de l'évaluation de ces paramètres. De plus, la distinction entre les tiges végétatives et reproductrices n'a pas été faite pour cette période.

Tableau 3. Résumé des travaux effectués en 2005 dans l'herbier de la péninsule de Manicouagan. Secteurs : PAO = Pointe-aux-Outardes, BSLb = Baie St-Ludger, PM = Pointe-Manicouagan.

secteur	paramètre	méthode d'inventaire	période
PAO (2005)	Altimétrie	un transect perpendiculaire à la rive traversant l'herbier	août 2005
	<i>Z. marina</i> (système foliaire)	12 échantillons (10 cm de diamètre) au site IC de l'herbier	septembre 2005
	<i>Z. marina</i> (système racinaire)	12 échantillons (10 cm de diamètre et 15 cm de profondeur) au site IC de l'herbier	septembre 2005
BSLb (2005)	Sédiment	4 échantillons (5 cm de diamètre et 15 cm de profondeur) aux sites BR, BL et IC de l'herbier	septembre 2005
	Température	une mesure aux 15 minutes au site IC de l'herbier avec un thermographe (en continu)	juin à septembre 2005
	<i>Z. marina</i> (système foliaire)	12 échantillons (10 cm de diamètre) au site IC de l'herbier	septembre 2005
	<i>Z. marina</i> (système racinaire)	12 échantillons (10 cm de diamètre et 15 cm de profondeur) au site IC de l'herbier	septembre 2005
	Faune suprabenthique	2 échantillons à marée descendante et montante prélevés au site IC de l'herbier	juin et août 2005
	Faune ichtyenne	pêche à la trappe Alaska à marée descendante au site IC de l'herbier	mensuellement, de juin à septembre 2005
PM (2005)	Sédiment	4 échantillons (5 cm de diamètre et 15 cm de profondeur) aux sites BR, BL et IC de l'herbier	septembre 2005
	Altimétrie	un transect perpendiculaire à la rive traversant l'herbier	août 2005
	<i>Z. marina</i> (système foliaire)	12 échantillons (10 cm de diamètre) au site IC de l'herbier	septembre 2005
	<i>Z. marina</i> (système racinaire)	12 échantillons (10 cm de diamètre et 15 cm de profondeur) au site IC de l'herbier	septembre 2005
	Faune suprabenthique	2 échantillons à marée descendante et montante prélevés au site IC de l'herbier	juin et août 2005
	Faune ichtyenne	pêche à la trappe Alaska à marée descendante au site IC de l'herbier	mensuellement, de juin* à septembre 2005

* L'échantillonnage a été réalisé en période de vives-eaux sauf en juin 2005 où la faune ichtyenne a été échantillonnée à trois reprises : deux périodes de vives-eaux ainsi qu'une période de mortes-eaux.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 CARACTÉRISATION DE L'HABITAT

3.1.1 Sédiments

Dans l'herbier de Zostera marina

Globalement, l'herbier est constitué d'un peu plus de 75 % de sédiments de taille inférieure à 250 μm (sable fin, très fin, vase et argile) et les graviers sont peu abondants, constituant moins de 3 % du substrat (Figure 2). Cette composition sédimentologique constitue un substrat adéquat pour la croissance de la zostère marine (Hemminga et Duarte 2000).

La granulométrie varie d'un secteur à l'autre et entre les sites d'échantillonnage d'un même secteur (Annexe 4). La taille des sédiments augmente à mesure que l'on s'éloigne de la rive et ce, particulièrement dans les secteurs PAO et PM.

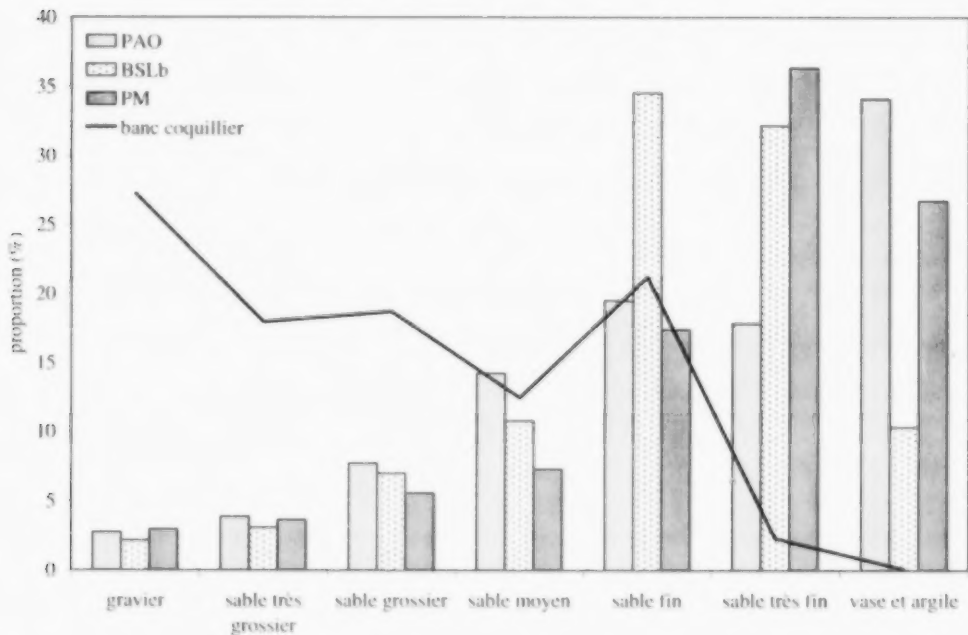


Figure 2. Proportion des différentes classes de tailles des sédiments des secteurs de l'herbier et du banc coquillier. Secteurs : PAO = Pointe-aux-Outardes, BSLb = Baie St-Ludger, PM = Pointe-Manicouagan.

Dans le secteur PAO, le sédiment est composé de sables fins à très fins à l'intérieur de l'herbier alors qu'aux bordures, il s'agit majoritairement de vase et d'argile du côté de la rive (BR) et de sables plus grossiers du côté du large (BL) (Tableau 4). La même tendance est observable à PM bien que les proportions de vase et d'argile et de sables grossiers aux bordures soient moindres qu'à PAO (Tableau 4). À BSLb, la composition granulométrique est plus uniforme de la rive vers le large avec un sable majoritairement très fin à fin et une proportion de vase et d'argile peu importante (Tableau 4).

Tableau 4. Proportion (%) des différentes classes de tailles (μm) des sédiments et de matière organique à l'intérieur et aux bordures de l'herbier. Secteurs : PAO = Pointe-aux-Outardes, BSLb = Baie St-Ludger, PM = Pointe-Manicouagan. Sites : BR = bordure rive, IC = intérieur centre, BL = bordure large.

		gravier	sable très grossier	sable grossier	sable moyen	sable fin	sable très fin	vase et argile	matière organique
		> 2000	1000 - 2000	500 - 1000	250 - 500	125 - 250	63 - 125	< 63	(%)
PAO (n = 9)	BR	0,18	0,24	0,90	2,37	4,61	19,23	72,46	0,68
	IC	2,13	3,88	9,04	11,44	24,84	30,72	17,94	0,81
	BL	6,62	8,11	14,31	30,18	32,11	7,41	1,27	0,28
BSL (n = 12)	BR	2,55	4,05	7,48	8,37	21,77	42,13	13,64	0,71
	IC	0,54	1,49	4,34	11,59	40,81	33,40	7,83	0,80
	BL	3,30	3,70	9,21	12,37	41,03	20,89	9,50	0,84
PM (n = 12)	BR	4,07	2,38	3,24	3,92	10,40	32,22	43,64	0,88
	IC	1,01	1,20	3,05	4,63	12,16	50,24	27,71	1,08
	BL	3,77	7,33	10,39	13,36	29,75	26,56	8,84	0,68

La proportion de matière organique dans les sédiments, pour tous les secteurs, est supérieure à l'intérieur de l'herbier comparativement aux bordures (Tableau 4), ce qui est particulièrement vrai au site BL de PAO où la concentration de matière organique atteint un minimum de 0,28 %. Ces taux sont similaires à ceux observés dans ce même herbier par Lalumière (1991) et comparables aux taux observés dans plusieurs herbiers (Boström et Bonsdorff 1997, Hily et Bouteille 1999, Hovel *et al.* 2002, van Houte-Howes *et al.* 2004). Cependant, Hemminga et Duarte (2000) mentionnent que le taux de matière organique des sédiments supportant des herbiers peut généralement atteindre un maximum de 6 % du poids sec, ce qui est largement supérieur aux résultats obtenus dans cette étude.

Comparaison entre l'herbier et le banc coquillier

Le sédiment de l'herbier est de composition beaucoup plus fine que dans le banc coquillier et l'analyse de similarité confirme cette différence entre les milieux (Figures 2 et 3) (ANOSIM $R = 0,791$, $P < 0,0001$). Le banc coquillier est constitué d'un sédiment plus grossier ; plus de 60 % de ceux-ci sont de taille supérieure à 500 μm (Figure 2).



Figure 3. Cadrage multidimensionnel des indices de dissimilarité de Bray-Curtis de la composition granulométrique de l'herbier (2005) et du banc coquillier (2001). Secteurs : PAO = Pointe-aux-Outardes, BSLb = Baie St-Ludger, PM = Pointe-Manicouagan, BC = Banc coquillier.

Les herbiers jouent un rôle important en zones côtières en amortissant l'énergie des vagues et réduisant la vitesse de l'eau, ce qui a pour effet d'augmenter la déposition de particules (Fonseca *et al.* 1982, Almasi *et al.* 1987). Le tapis de racines et rhizomes lie ces particules, stabilisant le sédiment (Thayer *et al.* 1984, Fonseca et Fisher 1986). Ainsi, les herbiers agissent comme trappe à sédiments et peuvent retenir plus de particules fines qu'une zone non-végétalisée avoisinante (Orth 1977).

3.1.2 Température et salinité

Du 1^{er} juin au 2 septembre 2004, la température de l'eau, à quelques centimètres du fond, a variée entre 4,1 et 20,6° C dans le secteur PAO alors que, du 23 juin au 31 août 2005, elle a oscillée entre 4,1 et 21,4° C à BSLb (Figure 4). Les températures sont relativement similaires entre les deux années. La situation intertidale de l'herbier à l'étude le soumet à des écarts quotidiens importants de température. En 2004, l'écart quotidien moyen était de $4,1 \pm 1,8^{\circ}\text{C}$ et de $6,3 \pm 2,7^{\circ}\text{C}$ en 2005 (Annexe 7). Ces écarts sont d'autant plus importants en période de vives-eaux où l'herbier se découvre totalement.

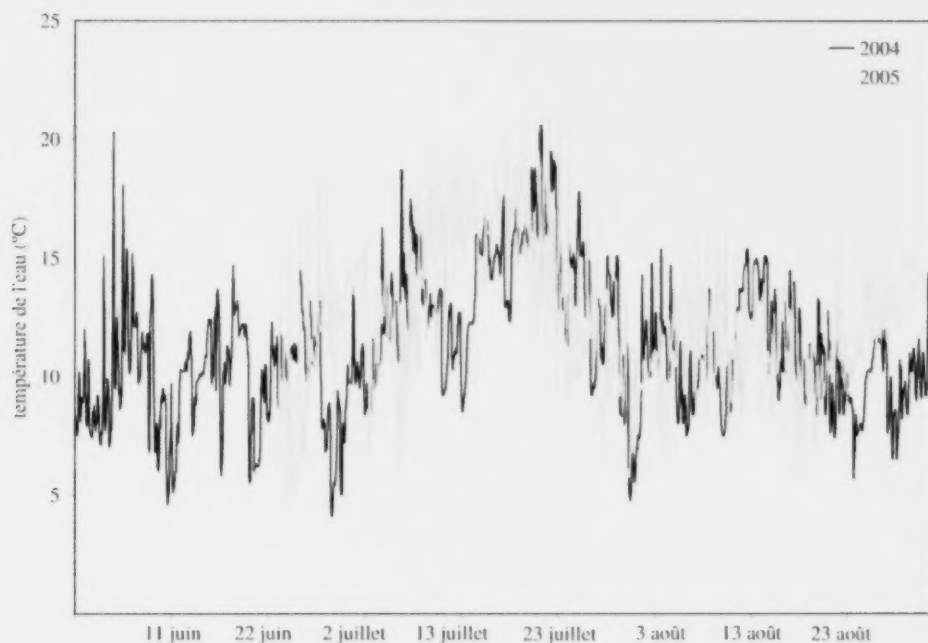


Figure 4. Température de l'eau (°C, une mesure aux 15 minutes, à quelques cm du fond) du 1^{er} juin au 2 septembre 2004 dans le secteur Pointe-aux-Outardes (trait noir) et du 23 juin au 31 août 2005 dans le secteur Baie St-Ludger (trait gris).

La Figure 5 illustre la salinité, la température et le niveau d'eau au-dessus du CTD dans le secteur PAO et ce, pour chaque période mensuelle de vives-eaux à l'été 2004. La salinité a varié, de juin à septembre 2004, entre 21,0 et 29,9. Ces valeurs sont semblables à celles obtenus par Lalumière (1991). La salinité est plus faible en juin et juillet (entre 21 et 25) et plus élevée en août et septembre (entre 23 et 30). Les valeurs élevées de salinité (les 31 juillet et 28 août), associées à des baisses de température, correspondent à des remontées d'eau profonde.

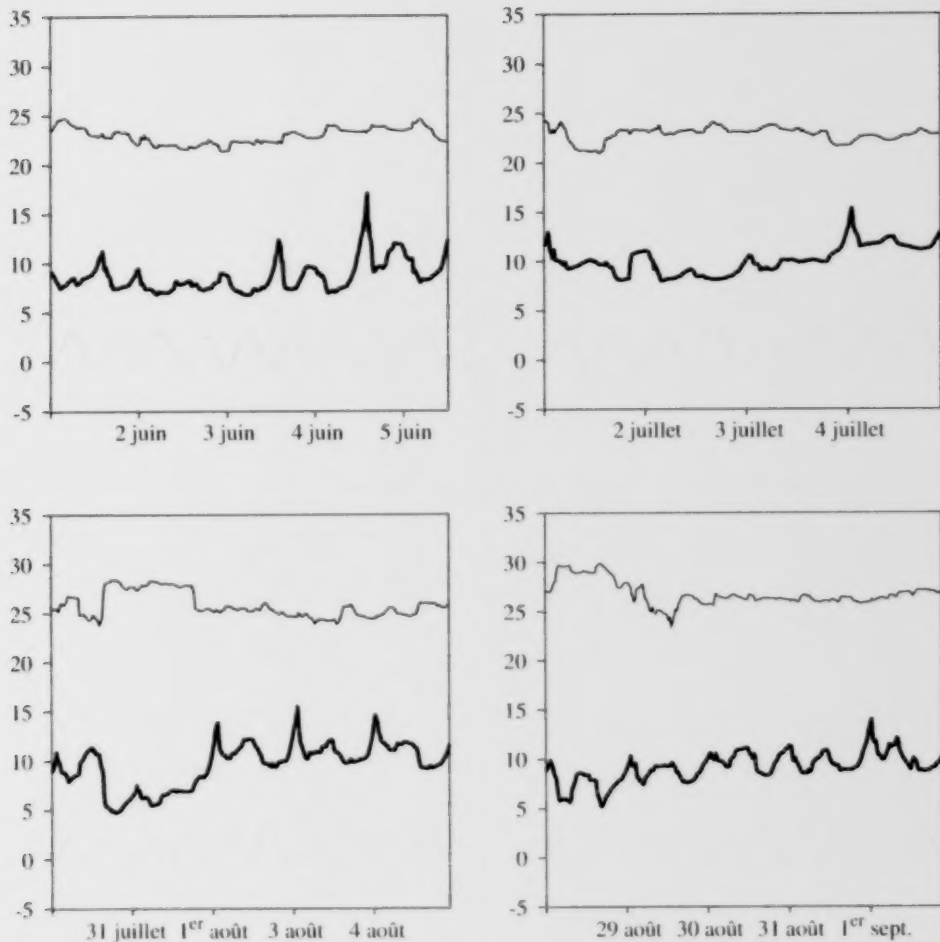


Figure 5. Salinité (trait noir), température ($^{\circ}$ C, trait noir épais) et profondeur (m, trait gris) de l'eau (une mesure aux 15 minutes, à quelques cm du fond) dans le secteur Pointe-aux-Outardes (2004).

Typiquement, la zostère marine croît dans des conditions estuariennes. Aussi, les conditions qui prévalent dans l'herbier de la péninsule de Manicouagan sont propices au développement de la plante. Des températures ($> 28^{\circ}$ C) et salinités (> 26) élevées peuvent affecter sa croissance (van Katwijk *et al.* 1999, Touchette *et al.* 2003). Effectivement, à des salinités de 22, la biomasse des feuilles tout comme la biomasse du système racinaire sont plus développées qu'à des salinités avoisinant les 32 (Kamermans *et al.* 1999). De plus, à des températures élevées, la plante est plus sensible aux maladies (Greve *et al.* 2003).

3.1.3 Altimétrie

La Figure 6 illustre les profils de pente de l'herbier aux secteurs PAO et PM. Toutes les élévations expriment des différences d'altitude par rapport au zéro géodésique, soit le niveau moyen de la mer. Les zostérais des secteurs PAO et PM se situent à un niveau variant de -0,5 à 0,4 m d'élévation. Ce résultat diffère de celui de Lalumière (1991) qui a montré que les herbiers du secteur PM se situent de -1,60 à -1,75 m par rapport au zéro géodésique. Le pourcentage de pente aux deux secteurs est inférieur à 0,1 % et concorde avec celui mesuré, également à PM, par Lalumière (1991).

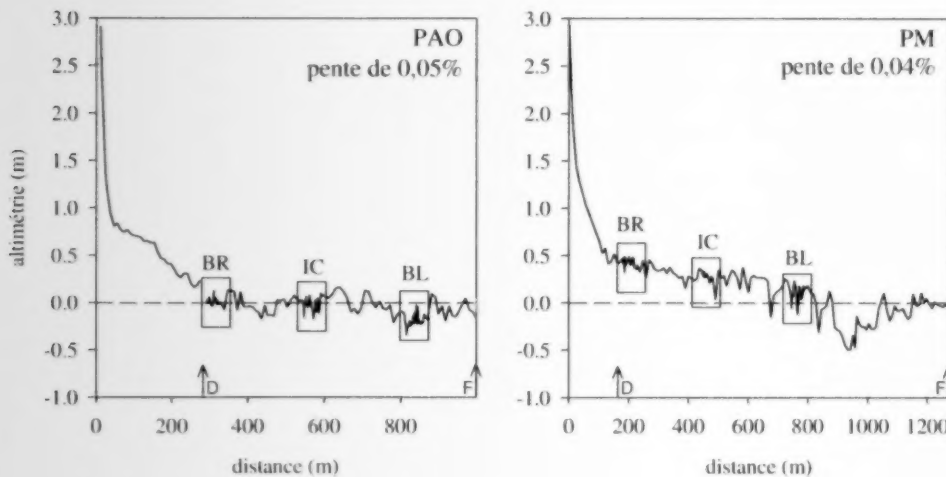


Figure 6. Profils de pente des secteurs de l'herbier à l'été 2005. D et F indiquent respectivement le début et la fin de l'herbier. Secteurs : PAO = Pointe-aux-Outardes, PM = Pointe-Manicouagan. Sites : BR = bordure rive, IC = intérieur centre, BL = bordure large.

La position plus élevée de l'herbier dans le secteur PM, comparativement à PAO, fait en sorte qu'il est plus régulièrement soumis à la dessiccation (Figure 6). Les sites BR, IC et BL y sont respectivement à $0,420 \pm 0,043$ m, $0,294 \pm 0,044$ m et $0,096 \pm 0,095$ m d'élévation par rapport au niveau moyen de la mer alors que dans le secteur PAO, ils sont respectivement à $0,004 \pm 0,037$ m, $-0,017 \pm 0,072$ m et $-0,196 \pm 0,062$ m d'élévation. Il faut toutefois souligner que la zostérais du secteur PM est d'une part plus proche de la rive (Figure 6) mais également plus âgée que celle du secteur PAO (Lalumière 1991).

Le long des transects parcourus pour évaluer l'altimétrie, on observe entre des points de mesure contigus des différences importantes d'altitude (jusqu'à 30 cm). Ces dépressions révèlent la présence de marelles typiques d'herbiers de faible profondeur couverts de glace en hiver. Lors du déplacement des glaces par la marée, des îlots de zostère sont arrachés et déplacés laissant en place des cuvettes sableuses.

3.1.4 *Zostera marina*

Variation temporelle

La variation annuelle des paramètres caractérisant la zostère marine a été vérifiée dans le secteur PAO par la comparaison des échantillons prélevés au site IC de l'herbier entre septembre 2004 et septembre 2005 (Tableau 5). De façon générale, les systèmes foliaire et racinaire de la zostère sont semblables d'une année à l'autre (Annexe 5).

Tableau 5. Caractéristiques de la zostère marine (moyenne \pm écart-type) au site IC de l'herbier, secteur Pointe-aux-Outardes en septembre 2004 et 2005.

	n	2004	2005
Biomasse des feuilles (g/m ²)	24	163,04 \pm 48,28	157,16 \pm 73,95
Biomasse du système racinaire (g/m ²)	24	368,11 \pm 167,26	481,69 \pm 145,55
Ratio F : R	24	0,54 \pm 0,32	0,33 \pm 0,15
Densité de tiges (nombre/m ²)	24	1538 \pm 499	1273 \pm 678
Tiges reproductrices (%)	24	8,2 \pm 10,1	2,8 \pm 6,6
Hauteur de la canopée (mm) ¹	24	510 \pm 95	622 \pm 176
Longueur des feuilles (mm) ^{2,3}	638	154 \pm 116	190 \pm 144
Largeur des feuilles (mm) ³	638	2,69 \pm 0,66	2,96 \pm 0,70
Nombre de feuilles par tige ³	230	4,7 \pm 1,8	3,6 \pm 1,1

¹ Longueur de la plus longue tige de l'échantillon (incluant la gaine et les feuilles).

² Longueur de toutes les feuilles de tous les échantillons.

³ En 2004, bien que les feuilles brisées n'aient pas été mesurées, les mesures ont été prises autant sur les tiges végétatives que reproductrices. En 2005, les feuilles brisées ont été mesurées, mais pas les tiges reproductrices. Cette différence de méthodologie pourrait expliquer le fait que les feuilles sont significativement plus longues et plus larges en 2005 alors que le nombre de feuilles par tige est plus élevé en 2004 (Annexe 5).

La variation saisonnière a été étudiée, également dans le secteur PAO, en comparant les échantillons récoltés aux cinq sites de l'herbier, de juin à septembre 2004 (Figure 7 et Annexe 8). Pour l'ensemble des sites d'échantillonnage, le développement maximum du système foliaire de la zostère est atteint en août (biomasse et longueur des feuilles) et la densité de tiges augmente de juillet à septembre. Cependant, le nombre de feuilles par tige semble constant tout au cours de la saison et d'un site à l'autre. Il en va de même pour la biomasse du système racinaire qui est comparable en juin et septembre (Figure 7). Il serait intéressant de suivre l'évolution du système racinaire au cours d'une année complète pour voir si sa biomasse diminue en hiver.

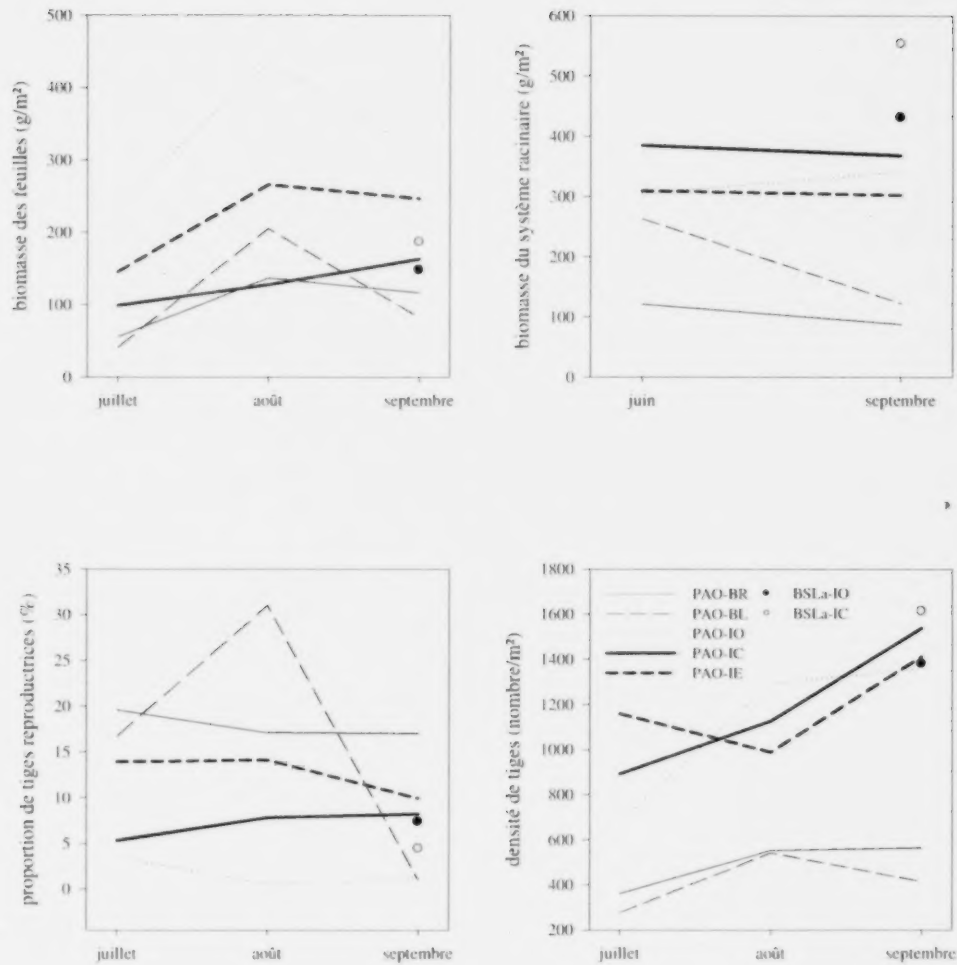


Figure 7. Variations saisonnière et spatiale (moyenne) de la zostère marine dans les secteurs Pointe-aux-Outardes (PAO, lignes) et Baie St-Ludger (BSLa, cercles) à l'été 2004. Sites : BR = bordure rive, BL = bordure large, IO = intérieur ouest, IC = intérieur centre, IE = intérieur est. $n = 12$ par site à chaque mois. Les écarts-types autour des moyennes ne sont pas représentés puisqu'ils nuisent à la clarté de cette figure; ils sont par contre compilés en Annexe 8.

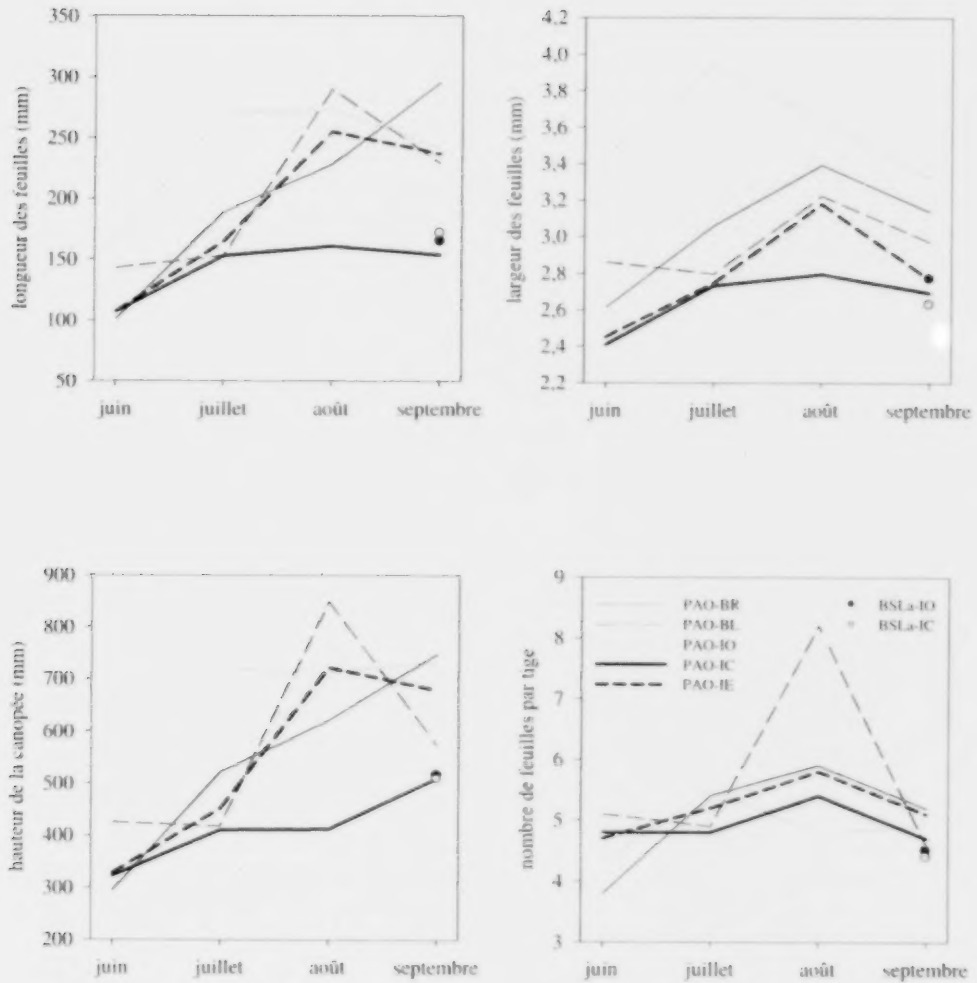


Figure 7 (suite). Variations saisonnière et spatiale (moyenne) de la zostère marine dans les secteurs Pointe-aux-Outardes (PAO, lignes) et Baie St-Ludger (BSLa, cercles) à l'été 2004. Sites : BR = bordure rive, BL = bordure large, IO = intérieur ouest, IC = intérieur centre, IE = intérieur est. $n = 12$ par site à chaque mois. Les écarts-types autour des moyennes ne sont pas représentés puisqu'ils nuisent à la clarté de cette figure; ils sont par contre compilés en Annexe 8.

Variation spatiale entre les bordures et l'intérieur de l'herbier

La variation spatiale entre les bordures et l'intérieur de l'herbier a été évaluée dans le secteur PAO en comparant les cinq sites d'échantillonnage (i.e., BR, BL, IO, IC et IE) (Figure 7 et Annexe 8). Dans un premier temps, cette variation spatiale a été examinée sur l'ensemble des échantillons qu'ils contiennent de la zostère ou non, de façon à déceler les parties fragmentées de l'herbier. Dans un deuxième temps, seuls les échantillons contenant de la zostère ont été utilisés de manière à comparer la composition du système foliaire (longueur, largeur de feuilles et nombre de feuilles par tige) entre les sites.

On constate qu'aux bordures de l'herbier, les valeurs de biomasse des systèmes foliaire et racinaire et de densité de tiges sont beaucoup plus faibles qu'à l'intérieur (Figure 7). Aux bordures, la répartition de la zostère est discontinue; 44 % et 54 % des échantillons respectivement prélevés aux sites BR et BL sont dépourvus de zostère et contribuent à abaisser les moyennes des différents paramètres. À l'intérieur de l'herbier, la totalité des échantillons contenaient des tiges de zostère. Il semble ainsi qu'aux bordures les conditions soient moins favorables pour l'implantation de la zostère. Selon Krause-Jensen *et al.* (2000 et 2003), à des profondeurs faibles, ce sont les perturbations physiques tels la force du courant, l'exposition aux vagues et le mouvement du couvert de glace qui limitent l'implantation de la zostère. À cela s'ajoutent la durée d'exondation et le type de sédiments (Boese *et al.* 2005). L'herbier de la péninsule de Manicouagan est situé à la limite des zones intertidale et infralittorale et sa configuration est typique d'un herbier exposé aux vagues et au courant de marée (Frederiksen *et al.* 2004).

Aux bordures, là où il y a de la zostère, la composition du système foliaire est comparable à celle de la zostère de l'intérieur de l'herbier, puisque la longueur et la largeur des feuilles ainsi que le nombre de feuilles par tige ne diffèrent pas d'un site à l'autre, sauf pour le site IC où les feuilles sont plus courtes en août et septembre (Figure 7 et Annexe 8). La proportion de tiges reproductrices semble plus importante aux bordures de l'herbier et tend à diminuer en septembre pour tous les sites, bien que ces différences ne soient pas significatives (Annexe 5). D'ailleurs, les faibles proportions observées de tiges reproductrices indiquent que la zostère de l'herbier de la péninsule de Manicouagan favorise une stratégie de reproduction de type K; c'est une plante de type pérenne qui utilise une forte proportion de ses ressources pour assurer son maintien par des rhizomes et des racines. À l'opposé, une plante favorisant la stratégie R serait essentiellement annuelle, à croissance rapide et consacrerait une forte proportion (jusqu'à 25 %) de ses ressources à la floraison (Harrison 1979, Lalumière 1994, Robertson et Mann 1984).

Variation spatiale entre les secteurs

À l'ouest de l'herbier, peu de différences sont observées dans le développement de la zostère entre les secteurs PAO et BSLa échantillonnés en leur centre en septembre 2004. Seule la biomasse du système racinaire est élevée à BSLa (Annexe 8).

En septembre 2005, les trois secteurs échantillonnés (PAO, BSLb et PM) couvrent l'herbier d'une extrémité à l'autre, ce qui permet une comparaison à plus grande échelle. Les systèmes foliaire et racinaire des secteurs PAO et PM sont comparables à cette période (Tableau 6 et Annexe 5). Par contre, le système foliaire se développe davantage au secteur BSLb. Les feuilles sont plus longues, plus larges et plus nombreuses par tige. Leur biomasse est également plus importante, même si le nombre de tiges est plus faible pour ce secteur. Cependant, la surface de recouvrement des feuilles par superficie d'échantillonnage (m^2/m^2) ne suit pas la même tendance. Ceci s'explique par le fait que les tiges reproductrices sont exclues des données de surface de recouvrement alors qu'elles sont incluses dans les biomasses de feuilles (voir la section Méthodologie d'inventaire). Le pourcentage des tiges reproductrices étant jusqu'à six fois plus élevé à BSLb, leur exclusion a un effet de diminution du pourcentage de recouvrement plus important qu'aux deux autres secteurs.

Tableau 6. Caractéristiques (moyenne \pm écart-type) de la zostère marine en septembre 2005. Les sites IC uniquement sont comparés. Secteurs : PAO = Pointe-aux-Outardes, BSLb = Baie St-Ludger, PM = Pointe-Manicouagan.

	n	PAO	BSLb	PM
Biomasse des feuilles (g/m^2)	36	157,16 \pm 73,95	184,06 \pm 57,41	146,97 \pm 52,73
Biomasse du système racinaire (g/m^2)	36	481,69 \pm 145,55	393,72 \pm 144,91	539,48 \pm 120,40
Ratio F : R	36	0,33 \pm 0,15	0,52 \pm 0,25	0,28 \pm 0,11
Densité de tiges (nombre/ m^2)	36	1273 \pm 678	828 \pm 305	1464 \pm 422
Tiges reproductrices (%)	36	2,8 \pm 6,6	18,8 \pm 16,1	3,3 \pm 4,3
Hauteur de la canopée (mm)	36	622 \pm 176	756 \pm 144	575 \pm 82
Longueur des feuilles (mm)	1131	190 \pm 144	249 \pm 170	165 \pm 121
Largeur des feuilles (mm)	1131	2,96 \pm 0,70	3,28 \pm 0,71	2,73 \pm 0,60
Nombre de feuilles par tige	336	3,62 \pm 1,09	4,82 \pm 3,37	3,68 \pm 0,94
Surface de recouvrement (mm^2/tige) *	36	2401 \pm 790	3407 \pm 804	1717 \pm 484
Surface de recouvrement (m^2/m^2) *	36	2,68 \pm 1,26	2,28 \pm 0,92	2,41 \pm 0,85

* Les tiges reproductrices sont exclues des données de surface de recouvrement.

BSLb se distingue également des deux autres secteurs par une biomasse du système racinaire plus faible. Dans ce secteur, la distribution de la zostère est irrégulière de telle sorte que des bandes de zostères, perpendiculaires à la rive, alternent avec des bandes de sable (Annexe 1), laissant supposer un hydrodynamisme important dans cette zone

(Frederiksen *et al.* 2004). Dans de telles conditions, il est possible que la zostère ait plus de difficulté à s'enraciner et qu'elle investisse davantage d'énergie dans le système foliaire (feuilles et tiges reproductrices).

Pour l'ensemble de l'herbier, et ce pour la plupart des paramètres mesurés, la variation intra-site est souvent importante. Ceci corrobore les résultats de Krause-Jensen *et al.* (2000) qui démontrent qu'en zones peu profondes, la variabilité naturelle dans un herbier est importante. Les populations sont alors distribuées en fonction des paramètres physiques (vagues, courants, glaces) qui agissent différemment d'un endroit à l'autre.

3.1.5 Comparaison avec d'autres herbiers

Duarte et Chiscano (1999) ont passé en revue différentes études sur les herbiers de *Z. marina* à travers le monde (de 0 à 60° N) et présentent des moyennes pour la biomasse des systèmes foliaire (F) et racinaire (R) ainsi que le ratio F : R (Tableau 7). L'herbier de la péninsule de Manicouagan montre une biomasse de feuilles et un ratio équivalents à ces valeurs, quoiqu'un peu plus bas pour ce dernier. Cependant, le système racinaire est nettement plus développé dans l'herbier de la péninsule de Manicouagan.

L'herbier de la péninsule de Manicouagan montre une biomasse du système foliaire typique des herbiers de faibles profondeurs. Krause-Jensen *et al.* (2000 et 2003) ont en effet démontré à partir d'un jeu de 1200 observations sur 19 gradients de profondeur que *Z. marina* produit les plus fortes biomasses de feuilles entre 2 et 4 m de profondeur et, qu'en zones peu profondes (0 à 2 m), les valeurs sont plus faibles. Les auteurs expliquent ces résultats par les perturbations physiques (vagues, courants, dessiccation) plus sévères en zones peu profondes. De plus, dans l'herbier de la péninsule de Manicouagan, la plante doit reconstruire annuellement son système foliaire détruit par le couvert de glace hivernal. Peu d'études ont été menées dans les zostérais du système laurentien, mais les valeurs de biomasse des feuilles obtenues dans l'herbier de la péninsule de Manicouagan semblent comparables à celles de l'Ile-Verte, de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick (Tableau 7), quoique la biomasse de feuilles soit légèrement plus élevée dans l'estuaire Kouchibouguac, milieu abrité sur les côtes du Nouveau-Brunswick.

Les valeurs importantes de biomasse du système racinaire sont pratiquement deux fois plus élevées que les valeurs moyennes données par Duarte et Chiscano (1999) (Tableau 7). Les conditions hivernales que subit l'herbier de la péninsule de Manicouagan expliquent probablement ces hautes valeurs de biomasse. Selon Robertson et Mann (1984), le système foliaire étant arraché annuellement par le va-et-vient des glaces hivernales, la plante alloue plus d'énergie au développement du système racinaire, celui-ci n'étant apparemment pas influencé par le couvert de glaces. *Z. marina* est reconnue comme étant très efficace pour emmagasiner des réserves de carbohydrates (Duarte *et al.* 2002). Cette énergie mise en réserve dans le système racinaire est nécessaire pour reconstruire le système foliaire au printemps. De plus, la zostère de la péninsule de Manicouagan, qui pousse à de faibles profondeurs, jouit de conditions de luminosité

optimales, ce qui lui permet d'allouer une grande quantité d'énergie à la croissance du système racinaire (Hemminga 1998).

Selon Duarte et Chiscano (1999), le ratio F : R est positivement corrélé avec l'augmentation de la latitude des herbiers étudiés. Pourtant, l'herbier de la péninsule de Manicouagan, tout en étant parmi les plus nordiques (49° N), possède un ratio F : R un peu plus bas que la moyenne (Tableau 7). Les valeurs élevées de biomasse du système racinaire comparativement à la biomasse du système foliaire abaissent le ratio et expliquent cette contradiction. Parmi les herbiers de *Z. marina* compilés par Duarte et Chiscano (1999), peu subissent l'effet des glaces et, lorsque c'est le cas, les conditions hivernales sont moins sévères que pour l'herbier de la péninsule de Manicouagan. Il serait intéressant de vérifier par l'étude d'autres herbiers subissant l'effet décapant des glaces, si ces caractéristiques (biomasse du système racinaire et ratio F : R) se répètent.

Tableau 7. Comparaison de la biomasse des systèmes foliaire et racinaire de la zostère marine, de la densité de tige et du ratio F : R.

Localisation	biomasse des feuilles (g/m ²)	biomasse des racines (g/m ²)	densité tiges (nombre/m ²)	ratio F : R
(1) plusieurs pays (0 à 60° N)	150	298	—	0,5
(2) Finlande	49	48	332	1
(3) Norvège	140	—	2727-4267	—
(4) Bretagne, France	145	485	360	0,3
(5) Maine, États-Unis	56	198	335	0,3
(6) Nouvelle-Écosse	150	175	—	1
(7) Estuaire Kouchibouguac, Nouveau-Brunswick	200-300	—	150-600	—
(8) Ile-Verte, Québec	234	—	1600	—
(9) Baie James, Québec	30-675	—	50-1500	—
(10) Péninsule Manicouagan, Québec	163	472	1188	0,3

Les valeurs sont des moyennes et/ou une échelle de valeurs moyennes. Selon les études, l'échantillonnage a été réalisé à différentes périodes dans des herbiers de *Z. marina* intertidaux ou subtidaux. De ce fait, ce tableau est donné à titre indicatif, non exhaustif.

(1) Duarte et Chiscano (1999), (2) Boström *et al.* (2006), (3) Duarte *et al.* (2002), (4) Hily et Bouteille (1999), (5) Mattila *et al.* (1999), (6) Robertson et Mann (1984), (7) Joseph-Haché (2001), (8) Lalumière (1991), (9) Lalumière *et al.* (1994) et (10) cette étude.

Les valeurs de densité de tiges de zostère caractérisant l'herbier de la péninsule de Manicouagan sont parmi les plus élevées (Tableau 7). Krause-Jensen *et al.* (2000) ont

démontré que la densité de tiges de *Z. marina* augmente à mesure que la profondeur diminue et que, par conséquent, la luminosité augmente. Aussi, les valeurs de densité observées dans l'herbier de la péninsule de Manicouagan correspondent à celles observées en faibles profondeurs.

Il semble peu fréquent de trouver des herbiers de faibles profondeurs qui s'étendent sur des superficies aussi grandes et denses que ceux présents dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent dont celui de la péninsule de Manicouagan. Cet herbier serait, comme le confirme les importantes biomasses du système racinaire, constitué de plants vivaces.

3.2 CARACTÉRISATION DE LA FAUNE

3.2.1 Faune épiphyte

Les organismes épiphytes ont été prélevés sur les feuilles de zostère dans le secteur PAO, mensuellement de juillet à septembre 2004. Ils sont constitués de 9 taxons et 70 % de l'ensemble des épiphytes sont représentés par le gastéropode *Littorina* sp. Les deux espèces *Littorina saxatilis* et *Littorina obtusata* ont été identifiées dans les échantillons. Cependant, en raison de l'abondance de littorines et de la très petite taille de plusieurs spécimens, le dénombrement de chacune des espèces n'a pas été fait. Lalumière (1991) a montré que *L. saxatilis* est l'espèce dominante dans les herbiers de la péninsule de Manicouagan et représente 75 % des organismes épiphytes prélevés plus spécifiquement dans le secteur PM alors que *L. obtusata*, quoique présent, totalise à peine 0,5 % de l'ensemble des organismes épiphytes.

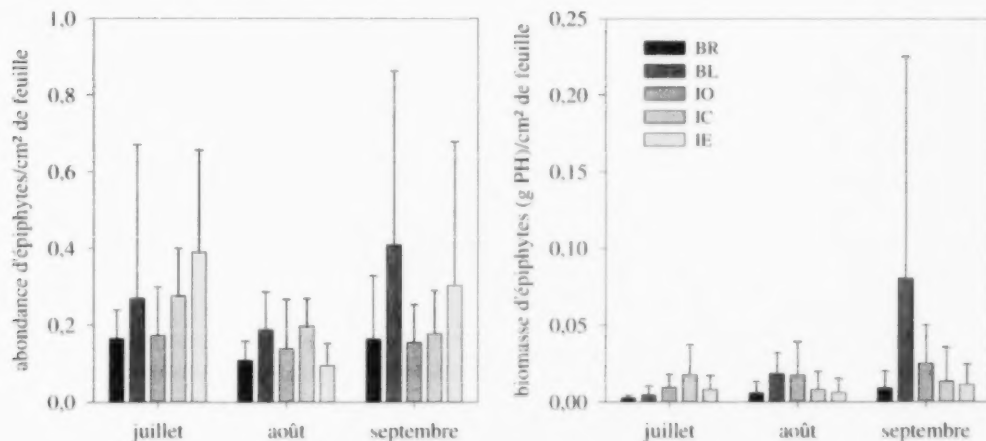


Figure 8. Abondance (nombre/cm² de feuille, moyenne \pm écart-type) et biomasse (g poids humide (PH)/cm² de feuille, moyenne \pm écart-type) d'organismes épiphytes dans le secteur Pointe-aux-Outardes à l'été 2004. Sites : BR = bordure rive, BL = bordure large, IO = intérieur ouest, IC = intérieur centre, IE = intérieur est. $n = 12$ par site pour chaque mois.

L'abondance de littorines tient à la présence des feuilles de zostère, surface habitable en soi mais également un lieu de ponte privilégié pour plusieurs espèces épiphytes. Effectivement, des pontes de *Buccinum undatum* ainsi que de *Lacuna vincta* ont régulièrement été observées, lors des différentes sessions d'échantillonnage, sur les feuilles de zostère.

L'abondance et la biomasse d'organismes épiphytes sont similaires entre les sites, la variabilité entre les échantillons provenant d'un même site étant souvent plus importante que celle entre les sites (Figure 8 et Annexe 6). Cependant, le couvert végétal semble supporter une abondance moindre d'organismes en août, ce qui ne se traduit pas par une diminution de la biomasse (Figure 8). Cette différence pourrait s'expliquer par des individus de plus grande taille en août mais est probablement davantage liée aux écarts élevés de l'abondance de quelques sites en juillet et septembre (BL et IE).

3.2.2 Faune benthique

Dans l'herbier de Zostera marina

La faune benthique a été récoltée dans le secteur PAO en juillet 2004. Elle comprend les organismes endobenthiques, épibenthiques ainsi que les épiphytes. Ces derniers sont inclus dans les analyses de la faune benthique puisque que plusieurs espèces sont présentes autant sur les feuilles que sur le sédiment et la distinction entre les organismes épiphytes et benthiques est difficile. Quarante-trois taxons ont été répertoriés et ce, pour un total de sept embranchements (Tableau 8). Les annélides, arthropodes et mollusques sont les embranchements les mieux représentés avec respectivement 17, 13 et 9 taxons et constituent plus de 97 % de l'abondance relative de l'ensemble des organismes benthiques prélevés dans l'herbier (Tableau 8).

Selon les coefficients de fréquence de Guille (1970), sept espèces sont constantes dans les échantillons (coefficient de fréquence $\geq 50\%$), 20 taxons sont dits communs (11 à 49 %) et 16 sont rares ($\leq 10\%$). Parmi les espèces constantes de l'herbier, quatre sont des mollusques : *M. arenaria*, *M. balthica*, *Littorina* sp. et *Mytilus edulis* sont dominants dans tout l'herbier, tant en termes d'abondance (Tableau 8) que de biomasse (Tableau 9). Chez les arthropodes, seul l'amphipode *Phoxocephalus holbolli* est considéré constant alors que pour les vers annélides, les oligochètes et le polychète *Nereis virens* s'ajoutent à la liste (Tableau 8).

Certaines espèces, ou évidences de la présence de celles-ci, ont été observées lors des différentes visites dans l'herbier mais n'ont pas été récoltées lors de l'échantillonnage puisque la technique utilisée n'était pas propice à leur capture. Notons ainsi la présence du polychète *Arenicola marina* dont un nombre important de déjections, caractéristiques de l'espèce, ont confirmé la présence. Aussi, des crabes communs (*Cancer irroratus*) et des nudibranches à crinière (*Aeolidia papillosa*), souvent en ponte, ont été observés au cours de l'été.

Tableau 8. Densités (nombre d'individus/m², moyenne \pm écart-type) des organismes benthiques dans le secteur Pointe-aux-Outardes (juillet 2004). n = 12 par site.

	bordure rive	bordure large	intérieur ouest	intérieur centre	intérieur est
Annelida	509 ± 710	2111 ± 1979	1740 ± 994	2472 ± 1977	4265 ± 2479
<i>Autolytus cornutus</i> ³	0	0	0	0	11 ± 37
<i>Capitella capitata</i> ²	0	0	11 ± 37	0	223 ± 373
<i>Eteone longa</i> ²	0	32 ± 58	11 ± 37	21 ± 50	21 ± 50
<i>Eulalia viridis</i> ³	0	0	0	0	11 ± 37
<i>Exogone hebes</i> ²	21 ± 74	95 ± 173	11 ± 37	64 ± 149	255 ± 467
<i>Laetmonice filicornis</i> ³	0	0	0	0	11 ± 37
<i>Lepidonotus squamatus</i> ³	0	0	0	0	21 ± 50
<i>Microspio theeli</i> ²	0	615 ± 548	21 ± 50	32 ± 79	95 ± 110
<i>Neomphitrite figulus</i> ²	0	0	0	25 ± 54	35 ± 59
<i>Nephtys caeca</i> ³	0	13 ± 40	0	11 ± 37	0
<i>Nereis virens</i> ¹	266 ± 309	95 ± 110	732 ± 377	471 ± 300	594 ± 268
Oligochaeta ¹	138 ± 274	615 ± 999	499 ± 499	1199 ± 1283	2122 ± 1799
<i>Pectinaria granulata</i> ²	0	32 ± 58	106 ± 106	74 ± 101	53 ± 85
<i>Pholoë minuta</i> ²	0	53 ± 115	35 ± 59	81 ± 86	308 ± 263
<i>Polydora cornuta</i> ²	106 ± 152	0	265 ± 305	74 ± 101	159 ± 189
<i>Polydora websteri</i> ²	0	170 ± 262	53 ± 66	361 ± 355	329 ± 508
<i>Pygospio elegans</i> ²	0	393 ± 938	0	149 ± 325	21 ± 50
Arthropoda	212 ± 206	2971 ± 1846	1050 ± 438	1538 ± 793	955 ± 684
<i>Amphiporeia lawrenciana</i> ³	0	21 ± 50	0	0	0
<i>Balanus balanus</i> ³	0	11 ± 37	0	0	0
<i>Callinopius laeviusculus</i> ²	0	21 ± 50	21 ± 50	11 ± 37	191 ± 514
<i>Cyclopina norvegica</i> ³	0	32 ± 79	0	0	0
<i>Edotea triloba</i> ³	11 ± 37	0	21 ± 74	11 ± 37	0
<i>Gammarus oceanicus</i> ²	21 ± 50	647 ± 1058	85 ± 157	11 ± 37	95 ± 110
<i>Gammarus setosus</i> ³	0	11 ± 37	0	0	0
<i>Gammarus</i> sp. post-marsupial ³	0	95 ± 293	11 ± 37	11 ± 37	0
<i>Idotea phosphorea</i> ²	11 ± 37	32 ± 58	42 ± 63	32 ± 58	53 ± 85
<i>Jaera marina</i> ²	0	11 ± 37	0	32 ± 58	32 ± 58
<i>Mancocuma stellifera</i> ³	0	11 ± 37	0	0	0
<i>Phoxocephalus holbolli</i> ¹	127 ± 163	1825 ± 1203	849 ± 445	1422 ± 841	531 ± 297
<i>Psammonyx nobilis</i> ³	21 ± 50	32 ± 79	0	0	11 ± 37
<i>Psammonyx terranova</i> ²	21 ± 74	223 ± 373	21 ± 50	11 ± 37	42 ± 147
Mollusca	3597 ± 2830	4594 ± 4330	11215 ± 3688	9199 ± 2786	11098 ± 2371
<i>Buccinum undatum</i> ¹	0	0	32 ± 110	0	11 ± 37
<i>Hydrobia minuta</i> ²	531 ± 529	0	0	0	21 ± 50
<i>Lucina vincta</i> ³	0	11 ± 37	0	0	11 ± 37
<i>Littorina</i> sp. ¹	1146 ± 1797	1475 ± 1622	4944 ± 2213	4573 ± 1744	6451 ± 1925
<i>Macoma balthica</i> ¹	1284 ± 677	1029 ± 659	3003 ± 932	1942 ± 1052	1984 ± 912
<i>Mesodesma arcatum</i> ³	11 ± 37	42 ± 63	0	0	0
<i>Mya arenaria</i> ¹	297 ± 251	53 ± 66	170 ± 99	202 ± 148	117 ± 127
<i>Mytilus edulis</i> ¹	318 ± 871	1889 ± 2447	3035 ± 1308	2313 ± 1297	2292 ± 1199
<i>Tectura testudinalis</i> ²	11 ± 37	95 ± 134	32 ± 79	170 ± 175	212 ± 183
Cnidaria <i>Bunodactis stella</i> ³	0	32 ± 58	0	0	42 ± 83
Ectoprocta <i>Hippothoa hyalina</i> ²	0	présence	présence	présence	présence
Nematoda ¹	233 ± 488	85 ± 219	32 ± 79	42 ± 113	467 ± 1028
Nemertea ²	11 ± 37	64 ± 115	21 ± 50	117 ± 148	64 ± 115
Nombre total d'espèces	19	34	26	28	35
Densité totale (individus/m²)	4562 ± 3874	9857 ± 6916	14 059 ± 4225	13 369 ± 3524	16 892 ± 4238
Indice d'équitabilité	0.79 ± 0.07	0.78 ± 0.06	0.72 ± 0.06	0.73 ± 0.06	0.69 ± 0.08
Indice de diversité	1.47 ± 0.28	1.89 ± 0.23	1.74 ± 0.14	1.87 ± 0.20	1.88 ± 0.29

¹ espèce constante, ² espèce commune et ³ espèce rare

Tableau 9. Biomasse (g poids humide/m², moyenne \pm écart-type) des organismes benthiques dans le secteur Pointe-aux-Outardes (juillet 2004). n = 12 par site.

	bordure rive	bordure large	intérieur ouest	intérieur centre	intérieur est
Annelida	76,44 \pm 75,16	117,54 \pm 115,75	147,48 \pm 194,37	194,15 \pm 178,79	226 \pm 204,24
<i>Aulolytus cornutus</i>	0	0	0	0	0,02 \pm 0,07
<i>Capitella capitata</i>	0	0	0,01 \pm 0,02	0	0,15 \pm 0,43
<i>Eteone longa</i>	0	0,25 \pm 0,47	0,57 \pm 1,98	0,56 \pm 1,33	0,36 \pm 0,89
<i>Eulalia viridis</i>	0	0	0	0	0,82 \pm 2,83
<i>Exogone hebes</i>	0,01 \pm 0,02	0,04 \pm 0,07	0,01 \pm 0,02	0,02 \pm 0,03	0,04 \pm 0,04
<i>Laetmonice filicornis</i>	0	0	0	0	2,28 \pm 7,90
<i>Lepidonotus squamatus</i>	0	0	0	0	0,15 \pm 0,36
<i>Microspio theeli</i>	0	1,21 \pm 1,40	0,03 \pm 0,07	0,12 \pm 0,40	0,11 \pm 0,16
<i>Neomphitrite figulus</i>	0	0	0	59,60 \pm 111,87	59,28 \pm 142,16
<i>Nephtys caeca</i>	0	31,09 \pm 61,19	0	6,21 \pm 21,50	0
<i>Nereis virens</i>	76,16 \pm 75,15	75,07 \pm 111,59	114,82 \pm 175,37	97,76 \pm 84,07	149,91 \pm 136,22
<i>Oligochaeta</i>	0,03 \pm 0,07	0,29 \pm 0,55	0,20 \pm 0,31	0,43 \pm 0,69	0,68 \pm 0,76
<i>Pectinaria granulata</i>	0	9,19 \pm 17,90	30,18 \pm 45,10	23,32 \pm 59,71	10,53 \pm 24,26
<i>Pholoe minuta</i>	0	0,18 \pm 0,48	0,06 \pm 0,14	5,47 \pm 18,61	1,06 \pm 0,94
<i>Polydora cornuta</i>	0,24 \pm 0,69	0	1,33 \pm 2,02	0,11 \pm 0,22	0,25 \pm 0,35
<i>Polydora websteri</i>	0	0,11 \pm 0,23	0,29 \pm 0,52	0,48 \pm 0,50	0,28 \pm 0,43
<i>Pygospio elegans</i>	0	0,12 \pm 0,25	0	0,07 \pm 0,14	0,08 \pm 0,26
Arthropoda	3,41 \pm 7,46	19,15 \pm 30,84	3,51 \pm 2,05	2,82 \pm 1,69	3,76 \pm 4,23
<i>Mancocuma stellifera</i>	0	0,01 \pm 0,02	0	0	0
<i>Cyclopina norvegica</i>	0	0,01 \pm 0,02	0	0	0
<i>Gammarus setosus</i>	0	0,07 \pm 0,26	0	0	0
<i>Gammarus oceanicus</i>	2,19 \pm 7,45	4,42 \pm 10,35	0,26 \pm 0,44	0,11 \pm 0,32	0,14 \pm 0,26
<i>Gammarus</i> sp. post-marsupial	0	0,01 \pm 0,02	0	0	0
<i>Calliopius laeviusculus</i>	0	0,01 \pm 0,02	0,25 \pm 0,84	0,19 \pm 0,66	0,03 \pm 0,05
<i>Phrosocephalus holbolli</i>	0,31 \pm 0,45	2,47 \pm 1,96	1,78 \pm 0,90	1,54 \pm 1,01	1,18 \pm 1,18
<i>Amphiporeia lawrenciana</i>	0	0,09 \pm 0,29	0	0	0
<i>Psammonyx terranova</i>	0,01 \pm 0,02	0,32 \pm 0,66	0,01 \pm 0,02	0,01 \pm 0,02	0,02 \pm 0,07
<i>Psammonyx nobilis</i>	0,19 \pm 0,45	1,39 \pm 4,21	0	0	0,16 \pm 0,55
<i>Edotea triloba</i>	0,06 \pm 0,22	0	0,06 \pm 0,22	0,15 \pm 0,51	0
<i>Idotea phosphorea</i>	0,65 \pm 2,26	2,12 \pm 4,55	1,14 \pm 1,87	0,79 \pm 1,62	2,19 \pm 3,77
<i>Jaera marina</i>	0	0,01 \pm 0,02	0	0,03 \pm 0,07	0,04 \pm 0,08
<i>Balanus balanoides</i>	0	8,22 \pm 28,49	0	0	0
Mollusca	656,86 \pm 622,25	2098,95 \pm 3264,28	1424,71 \pm 626,42	1075,94 \pm 857,76	1651,86 \pm 919,40
<i>Buccinum undatum</i>	0	0	10,05 \pm 34,81	0	4,55 \pm 15,77
<i>Hydrobia minuta</i>	0,93 \pm 1,04	0	0	0	0,04 \pm 0,11
<i>Lacuna vincta</i>	0	3,41 \pm 11,80	0	0	5,35 \pm 18,52
<i>Littorina</i> sp.	10,87 \pm 17,54	20,13 \pm 28,60	67,17 \pm 23,92	41,59 \pm 20,49	61,61 \pm 20,33
<i>Macoma balthica</i>	239,96 \pm 188,60	42,87 \pm 35,28	108,36 \pm 57,54	52,26 \pm 39,39	111,21 \pm 87,86
<i>Mesodesma arctatum</i>	8,93 \pm 30,95	12,74 \pm 36,56	0	0	0
<i>Mya arenaria</i>	288,60 \pm 526,99	158,88 \pm 522,98	7,07 \pm 9,11	11,34 \pm 18,44	1,20 \pm 2,83
<i>Mytilus edulis</i>	107,42 \pm 330,63	1860,38 \pm 3246,86	1226,55 \pm 633,31	946,33 \pm 836,58	1450,73 \pm 914,44
<i>Tectura testudinalis</i>	0,15 \pm 0,51	13,78 \pm 22,36	5,51 \pm 14,45	24,42 \pm 26,17	17,17 \pm 16,86
Cnidaria <i>Biadactis stella</i>	0	2,62 \pm 6,01	0	0	3,66 \pm 10,19
Ectoprocta <i>Hippothoa hyalina</i>	0	présence	présence	présence	présence
Nematoda	0,02 \pm 0,03	0,02 \pm 0,03	0,01 \pm 0,02	0,01 \pm 0,02	0,03 \pm 0,03
Nemertea	11,35 \pm 39,33	6,96 \pm 12,90	4,25 \pm 14,70	26,70 \pm 53,02	1,56 \pm 3,82
Biomasse totale (g PH/m²)	748 \pm 630	2245 \pm 3234	1580 \pm 622	1299 \pm 850	1887 \pm 1032

La composition de la communauté benthique ainsi que l'abondance des organismes diffèrent spatialement au sein de l'herbier. Trois groupes se distinguent : l'intérieur de l'herbier (IO, IC et IE), la bordure du côté de la rive (BR) et la bordure vers le large (BL) (Figure 9). Une analyse de similarité confirme cette différence (ANOSIM $R = 0,734$, $P < 0,0001$).



Figure 9. Cadrage multidimensionnel des indices de dissimilarité de Bray-Curtis des communautés benthiques de l'herbier dans le secteur Pointe-aux-Outardes (juillet 2004). Sites : BR = bordure rive, BL = bordure large, IO = intérieur ouest, IC = intérieur centre, IE = intérieur est. Les symboles colorés représentent les échantillons prélevés dans la zostère alors que ceux en blanc ont été récoltés dans le sable.

C'est à l'intérieur de l'herbier que les densités d'organismes benthiques sont les plus importantes (Tableau 8 et Annexe 6). Les espèces les plus représentatives de cette zone sont *Littorina* sp., *M. edulis*, *M. balthica*, *P. holbolli* et *Oligochaeta*; ces taxons expliquent 91 % de la similarité entre les échantillons prélevés à l'intérieur de l'herbier (Tableau 10). Pour les trois sites intérieurs confondus, l'abondance moyenne d'organismes est de $14\,773 \pm 4189$ individus/m². En termes d'abondance relative, ce sont les espèces épibenthiques (*Littorina* sp. et *M. edulis*) qui dominent, constituant respectivement 36 et 17,2 % de l'ensemble des taxons. Ces espèces bénéficient du support offert par le couvert végétal qui, à l'intérieur de l'herbier, est continu et dense; les littorines et les moules se fixent aux tiges de zostère. Par ailleurs, la biomasse moyenne à l'intérieur de l'herbier est de $1589,07 \pm 861,59$ g PH/m² et, en termes de biomasse relative, l'espèce *M. edulis* représente à elle seule 76 % de cette biomasse (Tableau 9).

Tableau 10. Indices de similarité et de dissimilarité des communautés benthiques au secteur PAO (SIMPER). Les valeurs représentent le pourcentage de contribution de chaque taxon et le pourcentage de contribution cumulatif pour chaque site de l'herbier. Sites : IO = intérieur ouest, IC = intérieur centre, IE = intérieur est.

	bordure rive		bordure large		intérieur (IO, IC, IE)	
bordure rive	similarité	41,9 %				
	<i>Macoma balthica</i>	49,7	49,7			
	<i>Hydrobia minuta</i>	20,5	70,2			
	<i>Mya arenaria</i>	9,6	79,7			
	<i>Nereis virens</i>	7,8	87,5			
	<i>Littorina</i> sp.	7,5	95,0			
bordure large	dissimilarité	77,7 %		similarité	35,4 %	
	<i>Phoxocephalus holbolli</i>	17,1	17,1	<i>Phoxocephalus holbolli</i>	32,7	32,7
	<i>Littorina</i> sp.	14,9	31,9	<i>Macoma balthica</i>	19,1	51,9
	<i>Mytilus edulis</i>	12,9	44,8	<i>Littorina</i> sp.	12,9	64,8
	<i>Macoma balthica</i>	9,1	53,9	<i>Mytilus edulis</i>	10,4	75,2
	<i>Hydrobia minuta</i>	6,9	60,8	<i>Microspio theeli</i>	8,7	83,9
	<i>Microspio theeli</i>	6,0	66,7	<i>Oligochaeta</i>	5,0	88,9
	<i>Oligochaeta</i>	5,1	71,8	<i>Gammarus oceanicus</i>	2,0	90,9
	<i>Gammarus oceanicus</i>	3,8	75,6			
	<i>Pygospio elegans</i>	3,7	79,3			
	<i>Psammonyx terranova</i>	3,0	82,2			
	<i>Mya arenaria</i>	2,8	85,0			
	Nematoda	2,3	87,3			
	<i>Nereis virens</i>	2,0	89,3			
	<i>Polydora websteri</i>	2,0	91,2			
intérieur (IO, IC, IE)	dissimilarité	70,8 %		dissimilarité	63,6 %	
	<i>Littorina</i> sp.	33,4	33,4	<i>Littorina</i> sp.	28,1	28,1
	<i>Mytilus edulis</i>	18,3	51,7	<i>Mytilus edulis</i>	16,3	44,4
	<i>Macoma balthica</i>	10,2	61,9	<i>Macoma balthica</i>	10,4	54,8
	<i>Oligochaeta</i>	8,3	70,2	<i>Phoxocephalus holbolli</i>	8,7	63,5
	<i>Phoxocephalus holbolli</i>	6,4	76,6	<i>Oligochaeta</i>	7,6	71,1
	<i>Hydrobia minuta</i>	4,3	80,9	<i>Microspio theeli</i>	3,6	74,7
	<i>Nereis virens</i>	3,2	84,2	<i>Nereis virens</i>	3,4	78,0
	Nematoda	2,2	86,3	<i>Gammarus oceanicus</i>	3,2	81,3
	<i>Polydora websteri</i>	1,8	88,1	<i>Pygospio elegans</i>	2,7	83,9
	<i>Mya arenaria</i>	1,7	89,8	<i>Polydora websteri</i>	2,0	85,9
	<i>Polydora cornuta</i>	1,3	91,1	<i>Psammonyx terranova</i>	1,7	87,7
				Nematoda	1,4	89,1
				<i>Exogone hebes</i>	1,1	90,2

La composition de la communauté benthique à chacune des deux bordures (BR et BL) est très variable d'un échantillon à l'autre. Aux bordures, l'herbier est fragmenté et la distribution de la zostère est éparse; les échantillons ont été prélevés tantôt dans la zostère, tantôt dans le sable nu, deux habitats différents pour la faune benthique. Aussi, la variabilité observée est principalement induite par les échantillons prélevés dans le sable nu. Ceux qui ont été prélevés dans la zostère ont une composition faunique qui se rapproche de celle de l'intérieur de l'herbier (Figure 9).

Dans son ensemble, le site BR est celui dont la composition de la faune benthique diffère le plus de l'intérieur de l'herbier (Tableau 10). La richesse spécifique, l'abondance et la biomasse d'organismes benthiques y sont les plus faibles (Tableaux 8 et 9 et Annexe 6). L'importante proportion d'argile compacte dans cette zone de l'herbier ne constitue pas un sédiment favorable à l'endofaune (Tableau 4). De ce fait, les annélides y sont très peu présents, exception faite du polychète *N. virens* qui est une espèce constante (coefficient de fréquence de 92 %). Cependant, c'est à cette bordure que *M. arenaria* est la plus abondante et constitue 38,6 % de la biomasse relative (Tableau 9). Les myes sont de petite taille et sont enfouies dans la couche superficielle sableuse de sédiment. Le gastéropode *Hydrobia minuta* est abondant et presque exclusif à cette bordure.

Bien que la densité d'organismes y soit plus faible, la composition de la communauté benthique du site BL se rapproche davantage de celle à l'intérieur de l'herbier. Le nombre total d'espèces et la biomasse moyenne sont élevés et les différents groupes taxonomiques sont bien représentés (Tableau 8). En termes de biomasse relative, ce sont les moules qui dominent (83,2 %). Enfin, le bivalve *Mesodesma arctatum* et un certain nombre d'arthropodes (*Mancocuma stelligera*, *Cyclopina norvegica*, *Gammarus setosus*, *Amphiporeia lawrenciana* et *Balanus balanus*) sont exclusifs à cette bordure (Tableau 8).

Dans l'herbier étudié de la péninsule de Manicouagan (secteur PAO), la faune benthique aux bordures est d'abondance et de biomasse moindre (BR) ou équivalente (BL) à celle prélevée à l'intérieur de l'herbier. Les travaux de Bologna (2006) n'ont mis en évidence aucune différence de densité d'organismes benthiques entre les bordures et l'intérieur d'un herbier et ce, pour les organismes ayant une taille supérieure à 0,85 mm. Cependant, pour les organismes de plus petite taille, il a montré que la densité d'organismes (0,25 à 0,85 mm) est supérieure aux bordures comparativement à l'intérieur de l'herbier.

Comparaison entre l'herbier (intérieur uniquement) et le banc coquillier

Des deux milieux étudiés, l'herbier de zostère marine est le plus diversifié; la richesse spécifique et les indices d'équitabilité et de diversité y sont les plus élevés (Tableau 11 et Annexe 6). Comparativement au banc coquillier, l'herbier est un habitat complexe dû à la biomasse et à la structure des zostères mais aussi à la présence de marelles. Par conséquent, ce milieu hétérogène procure plus de niches écologiques que les battures sableuses, comme le banc coquillier étudié. Il en résulte une plus grande diversité d'espèces (Hily et Bouteille 1999, van Houten-Howes *et al.* 2004). D'autre part, la biomasse des organismes de l'herbier est près de trois fois supérieure à celle des

organismes du banc coquillier (Tableau 11). Cependant, c'est dans le banc coquillier que la densité d'organismes est la plus importante et ce, en raison du nombre élevé de nématodes (Tableau 11). En soustrayant les nématodes des bases de données, la densité moyenne d'organismes des deux milieux devient équivalente ($P \geq 0,05$).

Tableau 11. Densité (nombre d'individus/m², moyenne \pm écart-type) et biomasse (g poids humide/m², moyenne \pm écart-type) des 10 taxons dominants, en termes d'abondance et de biomasse, de l'herbier et du banc coquillier.

herbier*	individus/m ²	banc coquillier	individus/m ²
<i>Littorina</i> sp.	5323 \pm 2083	Nematoda	19 337 \pm 13 308
<i>Mytilus edulis</i>	2546 \pm 1281	Oligochaeta	3830 \pm 4218
<i>Macoma balthica</i>	2310 \pm 1063	<i>Gammarus lawrencianus</i>	2865 \pm 4002
Oligochaeta	1273 \pm 1438	<i>Pygospio elegans</i>	2653 \pm 2751
<i>Phoxocephalus holbolli</i>	934 \pm 672	Copepoda	2584 \pm 3597
<i>Nereis virens</i>	580 \pm 337	<i>Exogone hebes</i>	536 \pm 580
<i>Polydora websteri</i>	248 \pm 376	<i>Gammarus</i> sp. post-marsupial	355 \pm 396
Nematoda	180 \pm 617	Foraminiferida	318 \pm 508
<i>Polydora cornuta</i>	166 \pm 223	<i>Macoma balthica</i>	233 \pm 262
<i>Mya arenaria</i>	163 \pm 128	<i>Capitella capitata</i>	180 \pm 431
herbier*	g PH/m ²	banc coquillier	g PH/m ²
<i>Mytilus edulis</i>	1207,9 \pm 807,9	<i>Mya arenaria</i>	532,9 \pm 1195,6
<i>Nereis virens</i>	120,8 \pm 134,9	<i>Mesodesma arctatum</i>	35,8 \pm 175,6
<i>Macoma balthica</i>	90,6 \pm 68,6	<i>Macoma balthica</i>	24,9 \pm 31,1
<i>Littorina</i> sp.	56,7 \pm 23,6	<i>Nereis virens</i>	10,6 \pm 12,6
<i>Neomphitrite figulus</i>	39,6 \pm 105,3	<i>Gammarus lawrencianus</i>	3,1 \pm 4,0
<i>Pectinaria granulata</i>	21,3 \pm 44,9	Oligochaeta	1,1 \pm 0,8
<i>Tectura testudinalis</i>	15,7 \pm 20,8	<i>Pygospio elegans</i>	0,9 \pm 1,2
Nemertea	10,8 \pm 33,0	Nematoda	0,7 \pm 0,4
<i>Mya arenaria</i>	6,5 \pm 12,4	<i>Littorina</i> sp.	0,4 \pm 1,5
<i>Buccinum undatum</i>	4,9 \pm 21,8	<i>Eteone longa</i>	0,2 \pm 1,1
herbier* (n = 36)		banc coquillier (n = 24)	
Nombre total d'espèces	38		23
Densité (individus/m ²)	14 858 \pm 4208		33 364 \pm 18 759
Biomasse (g poids humide/m ²)	1589 \pm 862		611 \pm 1197
Indice d'équitabilité	0,71 \pm 0,07		0,59 \pm 0,13
Indice de diversité	1,83 \pm 0,22		1,30 \pm 0,19

* Seuls les échantillons prélevés à l'intérieur de l'herbier (IO, IC et IE), dans le secteur PAO, sont utilisés pour la comparaison puisque ceux-ci sont représentatifs de la plus grande partie de l'herbier.

Aussi, la composition en espèces diffère largement entre les deux milieux, tel qu'illustré par le cadrage multidimensionnel (MDS) des assemblages d'espèces benthiques de l'herbier et du banc coquillier (Figure 10). L'analyse de similarité confirme cette différence entre les communautés benthiques (ANOSIM $R = 1$, $P < 0,0001$).



Figure 10. Cadrage multidimensionnel des indices de dissimilarité de Bray-Curtis des communautés benthiques de l'herbier (sites à l'intérieur de l'herbier, secteur PAO uniquement) et du banc coquillier.

Les nématodes sont les organismes les plus abondants du banc coquillier; ce taxon possède une abondance relative importante (58 %) et explique 25 % de la similarité entre les échantillons prélevés dans ce milieu (Tableau 12). *Oligochaeta*, *Gammarus lawrencianus*, *Pygospio elegans* et Copepoda sont également bien représentés dans le banc coquillier et, exception faite des vers oligochètes, ces taxons sont peu présents dans l'herbier (Tableau 11 et Annexe 9).

Dans l'herbier, plusieurs espèces, tels les épiphytes (*Littorina* sp.) et certains mollusques (*M. edulis* et *M. balthica*) tirent profit de l'espace multidimensionnel engendré par les zostères d'où leur abondance particulière (Tableau 11). D'une part, les organismes épiphytes (majoritairement des gastéropodes) profitent des feuilles comme support et broutent les algues qui s'y fixent. D'autre part, les organismes filtreurs en général bénéficient dans l'herbier d'un taux de matière organique élevé. En effet, les feuilles de zostère créent obstacle aux courants et aux vagues, ce qui a pour effet de favoriser la décantation et l'accumulation des fines particules de sédiments. Ces particules étant souvent des débris organiques, elles s'ajoutent aux débris de rhizomes et de feuilles et participent à l'augmentation du taux de matière organique dans le sédiment (Ward *et al.* 1984, Duarte *et al.* 1999, Garcia *et al.* 1999).

En ce qui a trait à la biomasse, les mollusques dominent dans les deux milieux. *M. edulis*, *Littorina* sp. et *M. balthica* constituent 85 % de la biomasse de l'herbier alors que la bivalve *M. arenaria* est nettement plus important dans le banc coquillier, constituant 87 % de la biomasse totale (Tableau 11). Bien que *M. arenaria* soit présent dans l'herbier, les individus sont petits atteignant en moyenne une biomasse individuelle de $0,23 \pm 0,65$ g comparativement à $10,04 \pm 12,65$ g pour le banc coquillier. Malgré le fait que le substrat en place dans l'herbier soit favorable à leur installation (sableux et vaseux), la présence du système racinaire des zostères limite le potentiel d'enfouissement des myes.

Tableau 12. Indices de similarité et de dissimilarité des communautés benthiques (abondance d'organismes) de l'herbier (sites intérieurs, secteur PAO uniquement) et du banc coquillier (SIMPER). Les valeurs représentent le pourcentage de contribution de chaque taxon et le pourcentage de contribution cumulatif.

herbier			banc coquillier			
herbier	similarité	67,2 %				
	<i>Littorina</i> sp.	18,4	18,4			
	<i>Macoma balthica</i>	14,8	33,2			
	<i>Mytilus edulis</i>	14,2	47,4			
	<i>Phoxocephalus holbolli</i>	11,2	58,6			
	<i>Nereis virens</i>	10,1	68,6			
	Oligochaeta	8,5	77,1			
	<i>Mya arenaria</i>	4,9	82,1			
	<i>Polydora websteri</i>	2,7	84,7			
	<i>Pholoe minuta</i>	2,7	87,4			
	<i>Polydora cornuta</i>	2,2	89,6			
	<i>Tectura testudinalis</i>	1,9	91,5			
banc coquillier	dissimilarité	75,4 %		similarité	68,7 %	
	Nematoda	11,1	11,1	Nematoda	25,0	25,0
	<i>Littorina</i> sp.	9,0	20,1	Oligochaeta	15,8	40,8
	<i>Mytilus edulis</i>	7,5	27,7	<i>Pygospio elegans</i>	14,8	55,9
	<i>Gammarus lawrencianus</i>	7,0	34,7	<i>Gammarus lawrencianus</i>	13,5	69,1
	<i>Pygospio elegans</i>	6,6	41,3	<i>Exogone hebes</i>	7,1	76,1
	<i>Phoxocephalus holbolli</i>	5,9	47,2	Copepoda	5,5	81,6
	Copepoda	4,8	52,0	<i>Nereis virens</i>	4,8	86,4
	<i>Macoma balthica</i>	4,5	56,5	<i>Macoma balthica</i>	4,1	90,6
	<i>Exogone hebes</i>	3,6	60,1			
	Oligochaeta	3,2	63,3			
	<i>Gammarus</i> sp. post-m.	2,9	66,2			
	Foraminiferida	2,7	68,8			
	<i>Polydora websteri</i>	2,6	71,4			
	<i>Mya arenaria</i>	2,6	74,0			
	<i>Pholoe minuta</i>	2,4	76,4			
	<i>Nereis virens</i>	2,3	78,7			
	<i>Polydora cornuta</i>	2,3	81,0			
	<i>Tectura testudinalis</i>	2,1	83,1			
	<i>Capitella capitata</i>	2,0	85,1			
	<i>Pectinaria granulata</i>	1,8	86,9			
	Nemertea	1,7	88,7			
	<i>Hippothoa hyalina</i>	1,7	90,4			

3.2.3 Faune suprabenthique

Quarante taxons d'organismes suprabenthiques ont été identifiés dans les échantillons prélevés dans l'herbier, soit un total de 34 et 33 taxons en 2004 et en 2005 (Tableau 13).

Selon les coefficients de fréquence combinés des deux années d'échantillonnage, soit pour l'ensemble des échantillons prélevés, 12 taxons sont dits constants, 18 sont communs et 10 sont rares (Tableau 13). Le phylum Arthropoda est largement représenté avec un total de 35 taxons. Plus spécifiquement, la faune suprabenthique est essentiellement composée d'amphipodes (12 taxons, 52 % de l'abondance relative pour les deux années combinées) et de copépodes (15 taxons, 34 % de l'abondance relative pour les deux années combinées).

Il est difficile de comparer les variations spatiales et annuelles pour la faune suprabenthique puisque le nombre d'échantillons est faible et que la variation entre les échantillons est élevée. Toutefois, la biomasse est plus élevée en 2005 (Tableau 13). Cela est principalement dû à l'abondance d'amphipodes en 2005 (*Calliopius laeviusculus* et *Gammarus* sp.) comparativement à la saison 2004 où les copépodes constituent le groupe le plus abondant (Tableau 13). Aussi, les indices d'équitabilité et de diversité semblent légèrement plus élevés en 2004 et cela est dû à la régularité de la distribution de fréquence pour cette année.

Des individus post-marsupiaux, trop petits pour être identifiés à l'espèce, ont été trouvés, parfois en grand nombre, dans les échantillons; c'est le cas de *Gammarus* sp. qui constitue 41 % de l'abondance relative du suprabenthos en août 2005 (Tableau 13).

Tableau 13. Abondance (nombre/échantillon, moyenne \pm écart-type) des organismes suprabenthiques de l'herbier. Secteurs : PAO = Pointe-aux-Outardes, BSLb = Baie St-Ludger, PM = Pointe-Manicouagan.

	PAO (2004)			BSLb et PM (2005)	
	juillet (n=4)	août (n = 4)	sept. (n = 4)	juin (n = 4)	août (n = 8)
Amphipoda					
<i>Calliopius laeviusculus</i> ¹	56 \pm 23	72 \pm 98	28 \pm 16	83 \pm 95	8 \pm 7
<i>Corophium bonelli</i> ³	0	0	0	0	< 1 \pm 1
<i>Gammarus lawrencianus</i> ¹	7 \pm 3	67 \pm 16	6 \pm 2	183 \pm 122	136 \pm 293
<i>Gammarus oceanicus</i> ¹	12 \pm 6	8 \pm 14	3 \pm 4	53 \pm 19	14 \pm 11
<i>Gammarus setosus</i> ³	0	0	0	< 1 \pm 1	0
<i>Gammarus</i> sp. post-marsupial ¹	5 \pm 3	7 \pm 5	2 \pm 3	71 \pm 21	296 \pm 800
<i>Monoculodes edwardsi</i> ²	2 \pm 2	0	< 1 \pm 1	2 \pm 3	2 \pm 3
<i>Onisimus litoralis</i> ³	0	0	0	1 \pm 1	0
<i>Phoxocephalus holbolli</i> ²	3 \pm 4	2 \pm 3	2 \pm 2	3 \pm 5	< 1 \pm 1
<i>Psammonyx nobilis</i> ³	1 \pm 1	< 1 \pm 1	0	0	0
<i>Psammonyx</i> sp. post-marsupial ²	7 \pm 7	1 \pm 1	0	0	0
<i>Psammonyx terranovae</i> ²	2 \pm 2	< 1 \pm 1	0	0	0

Tableau 13 (suite). Abondances (nombre/échantillon, moyenne \pm écart-type) des organismes suprabenthiques de l'herbier. Secteurs : PAO = Pointe-aux-Outardes, BSLb = Baie St-Ludger, PM = Pointe-Manicouagan.

	PAO (2004)			BSLb et PM (2005)	
	juillet (n = 4)	août (n = 4)	sept. (n = 4)	juin (n = 4)	août (n = 8)
Chordata					
<i>Cyclopterus lumpus</i> ²	0	< 1 \pm 1	< 1 \pm 1	0	< 1 \pm 1
<i>Gasterosteus aculeatus</i> ¹	1 \pm 1	4 \pm 2	2 \pm 1	< 1 \pm 1	13 \pm 7
<i>Urophycis tenuis</i> ³	0	0	0	0	< 1 \pm 1
Copepoda					
<i>Acartia clausi</i> ²	40 \pm 80	1 \pm 1	87 \pm 33	0	0
<i>Calanus finmarchicus</i> ²	1 \pm 2	3 \pm 4	0	0	0
<i>Cyclopina norvegica</i> ²	0	1 \pm 2	1 \pm 2	0	5 \pm 8
<i>Ectinosoma melaniceps</i> ²	1 \pm 2	2 \pm 3	0	0	1 \pm 1
<i>Eurytemora hirundoides</i> ¹	86 \pm 124	4 \pm 3	45 \pm 28	11 \pm 20	14 \pm 23
<i>Halectinosoma britannicum</i> ²	< 1 \pm 1	2 \pm 4	0	0	1 \pm 2
<i>Halectinosoma curticorne</i> ²	0	0	0	0	1 \pm 1
<i>Halectinosoma elongatum</i> ²	2 \pm 3	0	0	< 1 \pm 1	0
<i>Heterolaophonte stroemii</i> ³	0	0	0	4 \pm 8	0
<i>Metridia longa</i> ¹	0	< 1 \pm 1	0	0	0
<i>Microarthridion littorale</i> ²	0	1 \pm 2	0	2 \pm 3	0
<i>Pseudocalanus elongatus</i> ³	0	< 1 \pm 1	0	0	0
<i>Pseudonychocampus proximus</i> ³	< 1 \pm 1	0	0	0	1 \pm 2
<i>Tisbe furcata</i> ¹	78 \pm 77	62 \pm 52	201 \pm 131	2 \pm 2	157 \pm 254
<i>Zaus caeruleus</i> ²	2 \pm 4	30 \pm 41	0	18 \pm 22	< 1 \pm 1
Cumacea					
<i>Mancocuma stellifera</i> ²	1 \pm 1	1 \pm 1	< 1 \pm 1	1 \pm 1	1 \pm 1
Isopoda					
<i>Edotea triloba</i> ¹	1 \pm 1	6 \pm 7	1 \pm 1	1 \pm 2	< 1 \pm 1
<i>Idotea phosphorea</i> ²	1 \pm 1	0	0	3 \pm 6	3 \pm 5
<i>Jaera marina</i> ¹	0	< 1 \pm 1	0	6 \pm 5	26 \pm 35
Mysidae					
<i>Mysis gaspensis</i> ²	0	< 1 \pm 1	< 1 \pm 1	1 \pm 1	5 \pm 4
Mysidae post-marsupial ²	0	0	0	7 \pm 10	1 \pm 3
<i>Mysis stenolepis</i> ¹	10 \pm 5	14 \pm 9	18 \pm 12	0	17 \pm 23
<i>Neomysis americana</i> ¹	0	1 \pm 1	< 1 \pm 1	18 \pm 15	1 \pm 1
Arachnida					
<i>Arachnida</i> ²	1 \pm 1	0	0	1 \pm 1	2 \pm 5
Cnidaria					
<i>Obelia dichotoma</i> ²	0	0	présence	présence	présence
Ectoprocta					
<i>Hippothoa hyalina</i> ¹	présence	présence	présence	présence	présence
Euphausiacea					
<i>Thysanoessa raschii</i> ³	0	0	< 1 \pm 1	0	0
Ostracoda					
<i>Ostracoda</i> ¹	5 \pm 5	7 \pm 6	9 \pm 5	8 \pm 9	3 \pm 7
	2004		2005		
Nombre total d'espèces	34		33		
Abondance (ind./échantillon)	350 \pm 219		665 \pm 931		
Biomasse (g PH/échantillon)	1,80 \pm 1,51		3,89 \pm 3,13		
Indice d'équitabilité	0,65 \pm 0,08		0,57 \pm 0,16		
Indice de diversité	1,74 \pm 0,27		1,49 \pm 0,40		

¹ espèce constante, ² espèce commune et ³ espèce rare

Les taxons dominants en termes d'abondance et de biomasse relatives sont présentés à la Figure 11. Toutes ces espèces sont constantes dans les échantillons (coefficient de fréquence ≥ 50 %), sauf le copépode *Acartia clausi* qui est une espèce commune (Tableau 13). Cette espèce a été échantillonnée uniquement en 2004 dans le secteur PAO.

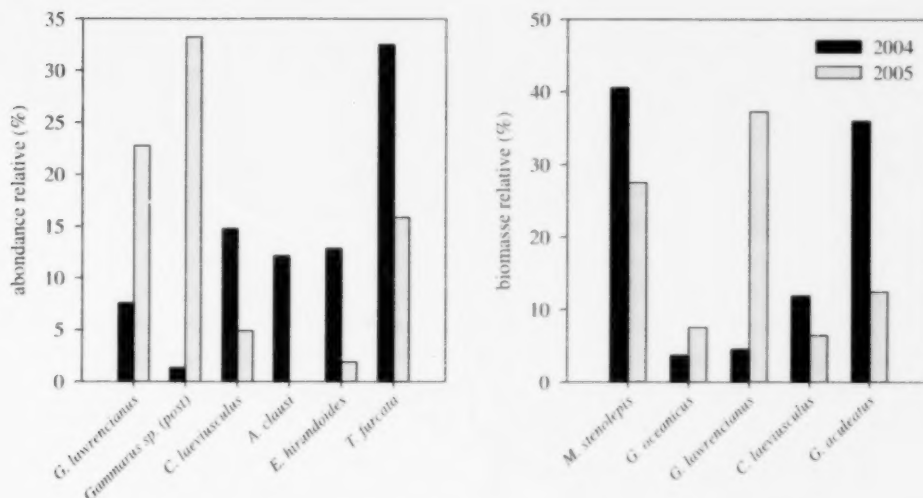


Figure 11. Abondance et biomasse relatives (%) des taxons suprabenthiques ayant, pour au moins une année (2004 et/ou 2005), une abondance et/ou une biomasse relatives égales ou supérieures à 5 %. Les taxons présentés totalisent respectivement 81 % et 97 % d'abondance et de biomasse relatives en 2004 et 79 % et 91 % en 2005.

3.2.4 Faune ichthyenne

Le recensement (2004 et 2005) de la faune ichthyenne a permis d'identifier 16 espèces de poissons dans l'herbier (Tableau 14). En termes d'abondance, *Gasterosteus aculeatus*, *Ammodytes americanus*, *Clupea harengus*, *Gadus ogac* et *Microgadus tomcod* totalisent respectivement 87,7 % et 95,6 % des prises totales de 2004 et 2005 alors que *M. tomcod*, *G. aculeatus*, *A. americanus*, *G. ogac* et *C. harengus* totalisent 91,2 % de la biomasse totale des prises de 2005 (Tableau 14).

Tableau 14. Abondance et biomasse (g poids humide) totales des poissons récoltés en 2004 et 2005.

		2004 ¹	2005 ¹	
		abondance	abondance	biomasse
<i>Ammodytes americanus</i>	Lançon d'Amérique	3031	1487	10572,02
<i>Anguilla rostrata</i>	Anguille d'Amérique	0	4	146,13
<i>Clupea harengus</i>	Hareng atlantique	719	1481	5805,20
<i>Cyclopterus lumpus</i>	Grosse poule de mer	147	47	547,50
<i>Gadus ogac</i>	Morue de roche (ogac)	—	1598	8262,12
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Épinoche à 3 épines	1119 ²	4675	17439,27
<i>Gasterosteus wheatlandi</i>	Épinoche tachetée	—	83	46,70
<i>Limanda ferruginea</i>	Limande à queue jaune	1	1	7,90
<i>Mallotus villosus</i>	Capelan	11	0	0
<i>Microgadus tomcod</i>	Poulamon atlantique	262 ²	693	23990,74
<i>Myoxocephalus</i> sp.	Chaboisseau	27	55	675,48
<i>Osmerus mordax</i>	Éperlan arc-en-ciel	369	255	4136,74
<i>Pholis gunnellus</i>	Sigouine de roche	7	1	16,0
<i>Pseudopleuronectes americanus</i>	Plie rouge	1	1	79,10
<i>Pungitius pungitius</i>	Épinoche à 9 épines	—	4	3,33
<i>Urophycis tenuis</i>	Merluche blanche	154	10	131,50

	2004	2005
Nombre total d'espèces	12	15
Nombre total de jours de pêche	17	19
Abondance moyenne par jour de pêche	345 ± 438	461 ± 378
Indice d'équitabilité	0,65 ± 0,19	0,48 ± 0,21
Indice de diversité	1,25 ± 0,39	0,90 ± 0,39

¹ En 2004, la pêche a été faite uniquement dans le secteur PAO alors qu'en 2005, elle a été faite dans les secteurs BSLb et PM. Puisqu'aucune différence significative n'est observée entre les secteurs de pêche BSLb et PM en 2005 (ANOSIM R = 0,138, P = 0,095), ils sont groupés pour les analyses.

² L'inexpérience des échantillonneurs en 2004 a engendré quelques erreurs d'identification : *G. ogac* et *M. tomcod* n'ont pas été distingués l'un de l'autre et la totalité des épinoches ont été identifiées *G. aculeatus* bien que l'on soupçonne fortement la présence de *Gasterosteus wheatlandi* et *Pungitius pungitius*.

D'une année à l'autre, la composition faunique et l'abondance d'individus par jour de pêche sont similaires (Annexe 6). Les indices d'équitabilité et de diversité sont par contre plus élevés en 2004, traduisant une distribution de fréquence plus régulière (Tableau 14).

Dominance des espèces au cours de la saison

Les espèces *A. americanus*, *C. harengus*, *Cyclopterus lumpus*, *G. aculeatus*, *M. tomcod* et *Osmerus mordax* fréquentent l'herbier tout au long de la saison estivale et ce, aussi bien en 2004 qu'en 2005 (Tableau 15).

Par ailleurs, certaines espèces montrent des abondances particulièrement importantes à des périodes précises. C'est le cas des espèces *A. americanus*, *C. harengus*, *G. aculeatus* et *G. ogac* (Tableau 15). Selon les espèces, ces pics correspondent de façon générale à l'arrivée massive de jeunes stades (sauf dans le cas de *A. americanus*) et peuvent varier dans le temps d'une année à l'autre. *A. americanus* constitue 70 % des prises en juillet 2005 alors qu'en 2004, l'abondance relative équivalente survient en août (Tableau 15). De plus, certains pics n'ont été détectés qu'en 2005. C'est le cas des espèces *C. harengus* et *G. ogac* (Tableau 15). Cette dernière espèce n'a été récoltée qu'en juin, en 2005 seulement. Cependant, de possibles erreurs d'identifications laissent planer un doute quant à son absence en 2004.

Pour la plupart des espèces de poissons, l'utilisation de l'herbier comme habitat débute après une phase larvaire pélagique (Hemminga et Duarte 2000). De ce fait, plusieurs espèces ichthyennes profitent temporairement de l'herbier comme aire d'alimentation et d'élevage et, à une taille critique, le quittent vers de nouveaux habitats où se poursuit leur cycle vital (Hemminga et Duarte 2000). C'est le cas notamment du hareng (*C. harengus*), espèce pour laquelle la totalité des spécimens récoltés étaient immatures.

Il importe de préciser que les espèces présentes à chaque période d'échantillonnage ne sont pas pour autant des espèces dites résidentes permanentes de l'herbier. En effet, la présence de glaces en hiver et, conséquemment, la destruction du système foliaire, influence certainement la diversité et l'abondance des poissons fréquentant l'herbier de la péninsule de Manicouagan. De surcroît, l'identification d'espèces résidentes permanentes nécessite un échantillonnage saisonnier, diurne et nocturne de même que l'analyse des classes de taille et d'âge des individus (Jackson *et al.* 2001), ce qui n'a pas été réalisé lors de cette étude.

Tableau 15. Abondance relative mensuelle des poissons récoltés en 2004 et 2005 dans l'herbier de la péninsule de Manicouagan.

	juin		juillet		août		septembre	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
<i>Ammodytes americanus</i>	49,13	4,44	12,56	70,39	72,53	4,08	6,01	0,79
<i>Anguilla rostrata</i>	0	0,04	0	0,08	0	0,03	0	0
<i>Clupea harengus</i>	0	0,56	15,91	1,72	14,16	6,22	9,19	84,32
<i>Cyclopterus lumpus</i>	1,31	0,11	0,84	0,08	0,14	1,08	11,57	0,44
<i>Gadus ogac</i>	—	37,57	—	0,16	—	0,26	—	0
<i>Gasterosteus aculeatus</i> *	41,92	46,35	36,18	10,00	5,96	81,44	43,46	4,58
<i>Gasterosteus wheatlandi</i>	—	0,39	—	1,09	—	1,37	—	0,26
<i>Limanda ferruginea</i>	0	0,04	0	0	0	0	0	0
<i>Mallotus villosus</i>	1,31	0	0,84	0	0	0	0	0
<i>Microgadus tomcod</i> *	0,87	6,67	2,85	10,55	2,53	4,85	13,07	5,90
<i>Myoxocephalus</i> sp.	0,87	0,14	0	0	0,03	0,06	2,83	2,47
<i>Osmerus mordax</i>	3,93	3,67	30,49	5,63	1,25	0,46	10,95	1,06
<i>Pholis gunnellus</i>	0,66	0,04	0,34	0	0,03	0	0,09	0
<i>Pseudopleuronectes americanus</i>	0	0	0	0,08	0,05	0	0	0
<i>Pungitius pungitius</i>	—	0	—	0	—	0,06	—	0,09
<i>Urophycis tenuis</i>	0	0	0	0,23	3,32	0,11	2,83	0,09
Nombre total de jours de pêche	3	8	4	2	5	6	5	3
Nombre total de poissons pêchés	458	2835	597	1280	3673	3507	1132	1135

* L'inexpérience des échantillonneurs en 2004 a engendré quelques erreurs d'identification : *G. ogac* et *M. tomcod* n'ont pas été distingués l'un de l'autre et la totalité des épinoches ont été identifiées *G. aculeatus* bien qu'on soupçonne la présence de *G. wheatlandi* et *P. pungitius*.

Stades de maturité

À l'été 2005, 69 % des prises étaient des juvéniles. Cette dominance des juvéniles confirme le rôle déjà bien documenté des herbiers de zostère marine comme pouponnière et aire d'élevage de plusieurs espèces (Hemminga et Duarte 2000, Jackson *et al.* 2001, Lazzari *et al.* 2003). Parmi les espèces récoltées, *Anguilla rostrata*, *C. harengus*, *G. ogac*, *Limanda ferruginea*, *Myoxocephalus* sp., *Pseudopleuronectes americanus* et *Urophycis tenuis* n'étaient présents qu'au stade juvénile. La très petite taille de *C. harengus* (septembre 2005) et de *G. aculeatus* (août 2005) porte d'ailleurs à croire que ces spécimens étaient des juvéniles de l'année. De surcroît, la quasi-totalité des *C. lumpus* (96 %) était également des juvéniles, exception faite de deux individus, un mature et un indéterminé, récoltés respectivement en juin et juillet (Figure 12). *C. lumpus* pond dans les herbiers de zostère marine, dont ceux de la péninsule de Manicouagan et ce, selon la température de l'eau, en mai ou juin (Naturam Environnement 1999). La période d'incubation des œufs de cette espèce varie de six semaines à deux mois, selon les conditions environnementales (Leim et Scott 1972) de telle sorte que les spécimens pêchés en septembre 2005 étaient fort probablement des juvéniles de l'année.

Pour certaines des espèces échantillonnées, le stade de maturité dominant change clairement au cours de la saison estivale. C'est le cas des espèces du genre *Gasterosteus* (Figure 12). En début d'été (juin et juillet), les individus récoltés de *G. aculeatus* étaient majoritairement matures alors qu'en fin de saison estivale (août et septembre), les spécimens étaient majoritairement des juvéniles (Figure 12). Cette espèce fraie en eau douce et ce, en juin ou juillet (Leim et Scott 1972); *G. aculeatus* profiterait donc du marais de Pointe-aux-Outardes pour le fraie et l'herbier servirait alors d'aire d'élevage et d'alimentation (Naturam Environnement 1999). À l'inverse, l'espèce *G. wheatlandi* fraie plutôt en eau salée (Leim et Scott 1972). Pour cette espèce, bien que la majorité des spécimens récoltés pendant l'été était des individus matures (86 %), les quelques juvéniles ont été échantillonnés en août (Figure 12).

Enfin, peu de spécimens des espèces *M. tomcod* et *O. mordax* étaient avec certitude des juvéniles. La plupart des individus échantillonnés étaient matures ou encore indéterminés. Ces espèces anadromes sont restreintes aux eaux côtières et estuariennes et remontent dans les cours d'eau et les rivières pour frayer uniquement; le fraie a lieu en janvier-février pour *M. tomcod* et d'avril à juin pour *O. mordax* (Leim et Scott 1972). Elles profiteraient donc de l'herbier comme aire d'alimentation et refuge contre les prédateurs.

Par ailleurs, tous les individus de *A. americanus*, *Pholis gunnellus* et *P. pungitius* étaient matures.

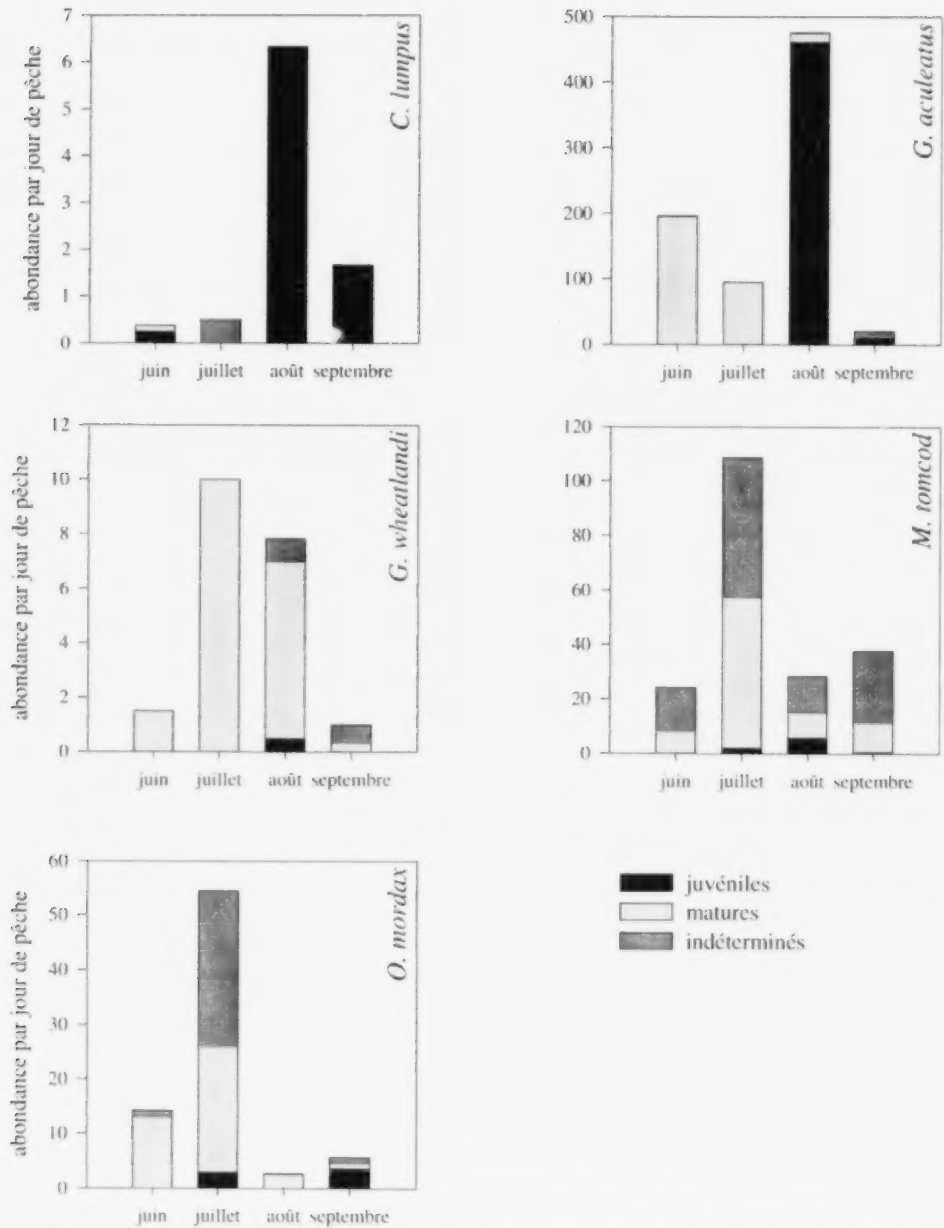


Figure 12. Abondance de poissons récoltés (par jour de pêche) à l'été 2005 et proportions des individus juvéniles, matures ou indéterminés pour les espèces où des individus juvéniles et matures ont été trouvés.

Indices gonado-somatiques

Pour plusieurs espèces (*M. tomcod*, *O. mordax*, *P. gunnellus* et *P. pungitius*), les indices gonado-somatiques moyens sont relativement stables dans le temps, variant de 0,35 à 2,47 (Figure 13 et Annexe 10). Par ailleurs, pour certaines espèces, cet indice varie considérablement au cours de l'été. Chez *A. americanus*, ils augmentent de juin à septembre. Selon Leim et Scott (1972), la fraie de cette espèce s'effectue dans le sable durant la saison froide (janvier à avril). À l'inverse, chez les deux espèces du genre *Gasterosteus*, l'indice gonado-somatique est à son maximum au début de l'été soit en juin pour *G. aculeatus* et en juillet pour *G. wheatlandi* (Figure 13). Il diminue par la suite pour atteindre son minimum en septembre. Il est à noter que pour la totalité des prises de 2005, respectivement 60 % et 30 % des *G. aculeatus* et *G. wheatlandi* matures étaient remplis d'œufs. D'après Leim et Scott (1972), la période de fraie de ces espèces a lieu en début de saison estivale, en eau douce pour l'espèce *G. aculeatus* et en eau salée pour *G. wheatlandi*. Enfin, le spécimen de *C. lumpus* ayant l'indice gonado-somatique le plus élevé a été pêché en juin (Figure 13). Cette espèce est commune du littoral de la péninsule de Manicouagan et leur fraie (mai et juin) a régulièrement été observé dans les zostérais des secteurs BSL et PM (Naturam Environnement 1999).

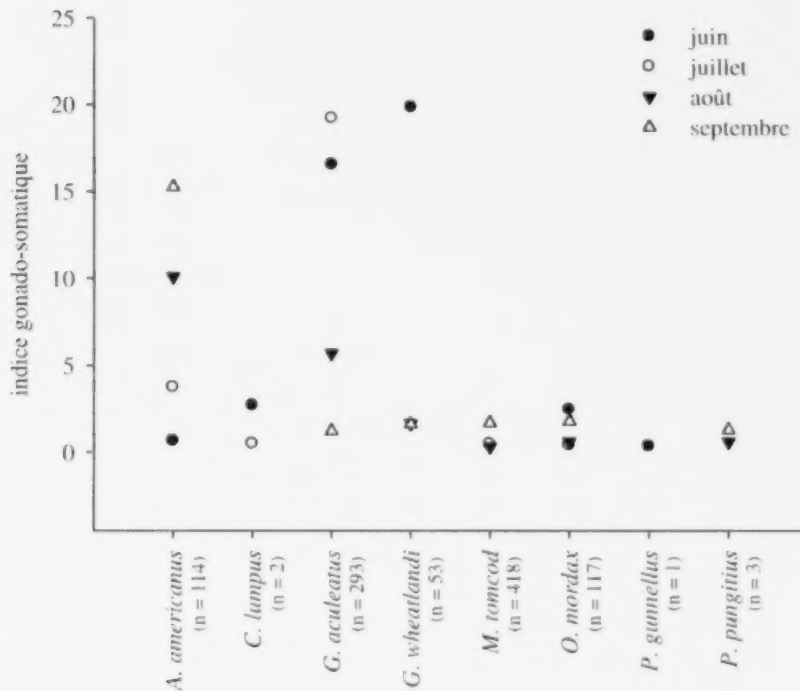


Figure 13. Indices gonado-somatiques moyens des individus matures pêchés à l'été 2005. Les écarts-types autour des moyennes ne sont pas représentés puisqu'ils nuisent à la clarté de cette figure; ils sont par contre compilés en Annexe 10.

3.2.5 Comparaison avec d'autres herbiers

La présente étude a permis de recenser 99 taxons constituant les faunes épiphyte, benthique, suprabenthique et ichthyenne de l'herbier de zostère marine de la péninsule de Manicouagan. Peu d'études ont fourni un effort d'échantillonnage aussi complet, d'où la difficulté de comparer la diversité totale entre les herbiers. Notons cependant les travaux de Hily et Bouteille (1999) et Mattila *et al.* (1999) où respectivement 142 et 48 taxons ont été dénombrés dans les herbiers de *Z. marina* des côtes bretonnes (latitude 48° N, France) et du Maine (latitude 43° N, États-Unis). Bien que leur inventaire concerne l'endofaune, l'épifaune et les poissons, les méthodes et l'effort d'échantillonnage diffèrent quelque peu de la présente étude. Cependant, il est intéressant de noter que Mattila *et al.* (1999) ont montré que le nombre d'espèces de poissons et de l'épifaune associée à la zostère sont supérieurs la nuit comparativement au jour.

Le Tableau 16 permet de comparer les assemblages benthiques de la péninsule de Manicouagan avec ceux d'autres herbiers de *Z. marina* se situant à des latitudes variant de 37° à 60° N.

Tableau 16. Comparaison de la densité, du nombre d'espèces et de la diversité (indice de diversité de Shannon-Wiener) des assemblages de la macrofaune dans des herbiers de *Zostera marina*. Modifié de Boström *et al.* 2006.

Localisation	densité (ind/m ²)	nombre d'espèces (ou taxons)	indice de diversité (H')
(1) Bretagne, France	2232	65,3	3,6
(2) Chesapeake Bay, États-Unis	985	42,3	3,4
(3) Maine, États-Unis	2693	4,5	1,1
(4) Îles de Scilly, Royaume-Uni	7194-26 706	14	1,2-2,4
(5) Devon, Royaume-Uni	7257	19	2,5
(6) Gullmarsfjord, Suède	48 862-130 708	23-30	1,5-2,1
(7) Åland Islands, Finlande	24 994-52 682	5,9-8,8	1,7-2,5
(8) Péninsule Hanko, Finlande	13 000-30 000	12,7	1,5
(9) Archipelago Sea, Finlande	15 500-76 170	5,6-10,8	1,1-1,7
(10) Péninsule de Manicouagan, Québec	14 858	38	1,83

Les valeurs sont des moyennes et/ou une échelle de valeurs moyennes. Les techniques d'échantillonnage varient d'une étude à l'autre. Ce tableau est donné à titre indicatif, non exhaustif.

(1) Hily et Bouteille (1999), (2) Orth (1973), (3) Mattila *et al.* (1999), (4) Bowden *et al.* (2001), (5) Frost *et al.* (1999), (6) Berg (2000), (7) Boström et Bonsdorff (1997), (8) Boström *et al.* (2002), (9) Boström *et al.* (2006) et (10) cette étude.

La densité d'organismes benthiques et le nombre d'espèces recensés dans l'herbier de la péninsule de Manicouagan sont parmi les plus élevés (Tableau 16). Cependant, l'indice de diversité semble relativement faible pour la péninsule de Manicouagan mais semble néanmoins correspondre de façon générale avec le patron de diminution de la diversité à des latitudes plus nordiques (Mattila *et al.* 1999).

Le Tableau 17 permet de comparer le nombre d'espèces de poissons recensés dans différents herbiers de *Z. marina* des côtes de l'Atlantique nord-ouest. Dans le système laurentien, il semble que l'on retrouve essentiellement les mêmes espèces d'un herbier à l'autre avec pour principale source de variation la proximité d'un cours d'eau douce. En effet, un certain nombre d'espèces sont plutôt typiques des herbiers soumis à un apport d'eau douce important. C'est le cas entre autres de la capucette (*Menidia menidia*) et du choquemort (*Fundulus heteroclitus*), deux espèces absentes des herbiers de la péninsule de Manicouagan mais présentes dans les herbiers de Bassin-aux-huîtres, de la rivière St-Jean et de l'estuaire Kouchibouguac.

Tableau 17. Comparaison du nombre d'espèces de poissons récoltés dans des herbiers de *Zostera marina*.

Localisation	nombre d'espèces	nombre d'espèces en commun*
(1) Bassin-aux-huîtres (Îles-de-la-Madeleine), Québec	14	12
(1) Rimouski, Québec	9	6
(1) Rivière St-Jean (Gaspé), Québec	12	8
(1) Sept-Îles, Québec	13	9
(2) Estuaire Kouchibouguac, Nouveau-Brunswick	19	10
(3) Maine, États-Unis	13	8
(4) Maine, États-Unis	26	11
(5) Péninsule de Manicouagan, Québec	16	—

* Nombre d'espèces de poissons en commun avec les espèces récoltées dans l'herbier de la péninsule de Manicouagan.

Ce tableau est donné à titre indicatif uniquement et non exhaustif. La période, la méthode et l'effort de pêche varient d'une étude à l'autre.

(1) Pierre Nellis (MPO), données non publiées, (2) Joseph *et al.* (2006), (3) Mattila *et al.* (1999), (4) Lazzari *et al.* (2003) et (5) cette étude.

4. CONCLUSION

Cette étude caractérise au niveau spatial et temporel la flore et la faune en période estivale de l'herbier de *Zostera marina* de la péninsule de Manicouagan. Les conditions environnementales (salinité, température, luminosité, sédiments) sur les battures de la péninsule de Manicouagan sont favorables à l'établissement de la zostère marine. L'herbier s'étend sur 1462,7 hectares, les plants sont de distribution dense à l'intérieur et éparse sur le pourtour.

L'herbier se développe en faibles profondeurs, autour du zéro marégraphique, où les perturbations physiques (vagues, courant, dessiccation, couvert de glace hivernal) sont plus sévères. Il est typique des herbiers de faibles profondeurs (0 à 2 m) avec des densités de tiges élevées et des biomasses de feuilles plus faibles que les herbiers en zone plus profonde. Cependant, il offre un couvert végétal beaucoup plus dense et des biomasses du système racinaire jusqu'à deux fois plus élevées que des herbiers de latitudes et de profondeurs comparables. Ces fortes biomasses pourraient être induites par les conditions hivernales qui prévalent au Québec. Les tiges de zostère étant arrachées annuellement par le va-et-vient des glaces, la plante alloue plus d'énergie au développement du système racinaire où elle emmagasine l'énergie nécessaire pour la reconstruction de son système foliaire au printemps. Il serait intéressant d'étudier les autres herbiers intertidaux de l'estuaire maritime du Saint-Laurent afin de vérifier cette hypothèse. De plus, l'effet direct de l'ensemble des perturbations physiques sur l'herbier de la péninsule de Manicouagan mériterait d'être étudié ultérieurement.

Le maximum de croissance du système foliaire de la zostère est atteint en août pour la biomasse et longueur des feuilles et en septembre pour la densité de tiges. Pour ce qui a trait à la biomasse, le système racinaire est constant de juin à septembre; il serait cependant intéressant d'en mesurer les variations au cours d'une année entière. Pour la plupart des paramètres étudiés, les différents secteurs de l'herbier sont comparables, sauf Baie St-Ludger où le couvert végétal et le pourcentage de tiges reproductrices sont plus importants et le système racinaire et la densité des tiges plus faibles. L'irrégularité de la distribution de la zostère à la limite inférieure de l'herbier dans ce secteur porte à croire que les conditions d'hydrodynamisme y sont plus sévères.

La présente caractérisation montre bien l'importance des herbiers de zostère ceinturant la péninsule de Manicouagan tant par la diversité que l'abondance et la biomasse d'organismes qui y vivent. L'échantillonnage de la faune a effectivement permis de recenser 99 taxons constituant les faunes épiphyte, benthique, suprabenthique et ichtyenne de l'herbier. Il apparaît que l'herbier, milieu hétérogène, offre une structure tridimensionnelle favorable à la diversité faunique offrant, dans un premier temps, un support aux espèces épiphytes. Notons que les organismes épiphytes présents dans l'herbier sont composés à 70 % de *Littorina* sp. De plus, la faune benthique y est particulièrement riche comparativement à celle prélevée dans un banc coquillier adjacent. Effectivement, 38 taxons ont été identifiés dans l'herbier comparativement à 23 pour le banc coquillier. De la même façon, la composition et l'abondance de la faune benthique

varient au sein même de l'herbier selon la position intérieure ou aux bordures et certaines espèces sont spécifiques à l'une ou l'autre des bordures.

La faune suprabenthique, essentiellement composée d'amphipodes et de copépodes, compte 40 taxons dans l'herbier. Une étude plus approfondie du suprabenthos permettrait de mieux caractériser ce groupe d'organismes et impliquerait un échantillonnage plus élaboré qui tiendrait compte des migrations nyctémérales des organismes. Par ailleurs, la liste des poissons inventoriés, à savoir 16 espèces, n'est sans doute qu'une liste partielle des poissons fréquentant la ZPM Manicouagan mais elle reflète bien, vu l'intensité de l'échantillonnage aux étés 2004 et 2005, la communauté de poissons visitant les herbiers de zostère marine de la région.

Pour plusieurs espèces inventoriées, la présence de zostère est nécessaire à la réalisation de certaines phases de leur cycle vital. D'ailleurs, pour chaque groupe d'organismes caractérisé (i.e. épiphytes, benthos, suprabenthos et poissons), des individus juvéniles ont été récoltés, parfois en très grand nombre, confirmant le rôle déjà bien documenté des herbiers comme pouponnière.

Bien que cette étude représente un effort d'échantillonnage concentré dans un herbier intertidal de *Zostera marina* et ce, uniquement pendant la saison estivale, elle contribue à augmenter nos connaissances et notre compréhension de l'écosystème des herbiers de *Z. marina* du Saint-Laurent qui ont été très peu étudiés jusqu'à ce jour. Elle fournit avant tout la base de connaissances initiales nécessaires au développement d'un plan de suivi de cet écosystème ciblé par le comité de gestion de la ZPM Manicouagan.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier particulièrement François Roy qui a dirigé les aspects technique du projet et Elaine Albert, en charge de la ZPM Manicouagan, qui a collaboré étroitement aux différentes étapes de l'étude. Également, nous remercions grandement Hans-Frédéric Ellefsen et Frédéric Benichou pour leur dévouement lors des travaux de terrain. Merci également à Jean Munro, Jean Morriset, Jean-Yves Savaria, Nathalie St-Hilaire et Robert Roy qui sont venus prêter main forte; Danielle St-Laurent qui est souvent venue à notre rescousse et nous a si bien gâtés; Jean-Marc Gagnon et Robert Chabot pour leur coup d'œil expérimenté de taxonomistes; Susanne Mark pour ses commentaires judicieux. Merci aux réviseurs Christian Hily et Suzan Dionne ainsi qu'à l'éditrice Louise Gendron qui ont patiemment révisé et commenté ce rapport, contribuant ainsi à son amélioration.

RÉFÉRENCES

- Almasi, M., C. Hoskin, J. Reed et J. Milo. 1987. Effects of natural and artificial *Thalassia* on rates of sedimentation. *J. Sediment. Petrol.* 57: 901-906.
- Anderson, M.J. 2005. PERMANOVA : a FORTAN computer program for permutational multivariate analysis of variance. Department of Statistics, University of Auckland, New Zealand. 24 p.
- Berg, T. 2000. Quantitative studies of infauna in *Zostera marina* meadows on the Swedish west coast. Biomass and abundance correlated to the organic content of the sediment. M.Sc Thesis. Department of Marine Ecology, Contribution No.114 Göteborg University, 26 p.
- Boese, B.L., B.D. Robbins et G. Thursby. 2005. Desiccation is a limiting factor for eelgrass (*Zostera marina* L.) distribution in the intertidal zone of a northeastern Pacific (USA) estuary. *Bot. Mar.* 48: 274-283.
- Bologna, P.A.X. 2006. Assessing within habitat variability in plant demography, faunal density and secondary production in an eelgrass (*Zostera marina* L.) bed. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 329: 122-134.
- Bologna P.A.X. et K.L. Heck Jr. 2002. Impact of habitat edges on density and secondary production of seagrass-associated fauna. *Estuaries.* 25(5): 1033-1044.
- Boström C. et E. Bonsdorff. 1997. Community structure and spatial variation of benthic invertebrates associated with *Zostera marina* (L.) beds in the northern Baltic Sea. *J. Sea Res.* 37: 153-166.
- Boström, C. et E. Bonsdorff. 2000. Zoobenthic community establishment and habitat complexity – the importance of seagrass shoot density, morphology and physical disturbance for faunal recruitment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 205: 123-138.
- Boström, C., E. Bonsdorff, P. Kangas et A. Norkko. 2002. Long-term changes of a brackish-water eelgrass (*Zostera marina* L.) community indicate effects of coastal eutrophication. *Est. Coast. Shelf Sci.* 55: 795-804.
- Boström, C., K. O'Brien, C. Ross et J. Ekebom. 2006. Environmental variables explaining structural and functional diversity of seagrass macrofauna in an archipelago landscape. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 335(1): 52-73.
- Bowden, D.A., A.A. Rowden et M.J. Attrill. 2001. Effects of patch size and in-patch location on the infaunal macroinvertebrate assemblages of *Zostera marina* seagrass beds. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 359: 133-154.

- Brunel, P., M. Besner, D. Messier, L. Poirier, D. Granger et M. Weinstein. 1978. Le traîneau suprabenthique Macer-GIROQ : appareil amélioré pour l'échantillonnage quantitatif étagé de la petite faune nageuse au voisinage du fond. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 63 : 815-829.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of change in community structure. *Austr. J. Ecol.* 18: 117-143.
- Clarke, K.R. et R.M. Warwick. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical and interpretation, 2nd edition. Primer-E, Plymouth, U.K. 172 p.
- den Hartog, C. 1970. The seagrasses of the world. North-Holland Publication Co., Amsterdam.
- Duarte, C.M. et C.L. Chiscano. 1999. Seagrass biomass and production: a reassessment. *Aquat. Bot.* 65:159-174.
- Duarte, C.M., E. Benavent et M.C. Sánchez. 1999. The microcosm of particles within seagrass (*Posidonia oceanica*) canopies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 181: 289-295.
- Duarte, C.M., R. Martínez et C. Barrón. 2002. Biomass, production and rhizome growth near the northern limit of seagrass (*Zostera marina*) distribution. *Aquat. Bot.* 72(2): 183-189.
- Fonseca, M.S. et J.S. Fisher. 1986. A comparison of canopy friction and sediment movement between four species of seagrass with reference to their ecology and restoration. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 29: 15-22.
- Fonseca, M.S., J.C. Zeiman, G.W. Thayer et J.S. Fisher. 1982. Influence of the seagrass *Zostera marina*, on current flow. *Est. Coast. Shelf Sci.* 15: 351-364.
- Frederiksen, M., D. Krause-Jensen, M. Holmer et J. Laursen. 2004. Long-term changes in area distribution of eelgrass (*Zostera marina*) in Danish coastal waters. *Aquat. Bot.* 78: 167-181.
- Frost, M.T., A.A. Rowden et M.J. Attrill. 1999. Effect of habitat fragmentation on the macroinvertebrate infaunal communities associated with the seagrass *Zostera marina* L. *Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst.* 9 (3): 255-263.
- Garcia, E., C.M. Duarte et T. Granata. 1999. An approach to the measurement of particle flux and sediment retention within seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Aquat. Bot.* 65: 255-268.
- Greve, T.M., J. Borum et O. Pederson. 2003. Meristematic oxygen variability in eelgrass (*Zostera marina*). *Limnol. Oceanogr.* 48 : 210-216.

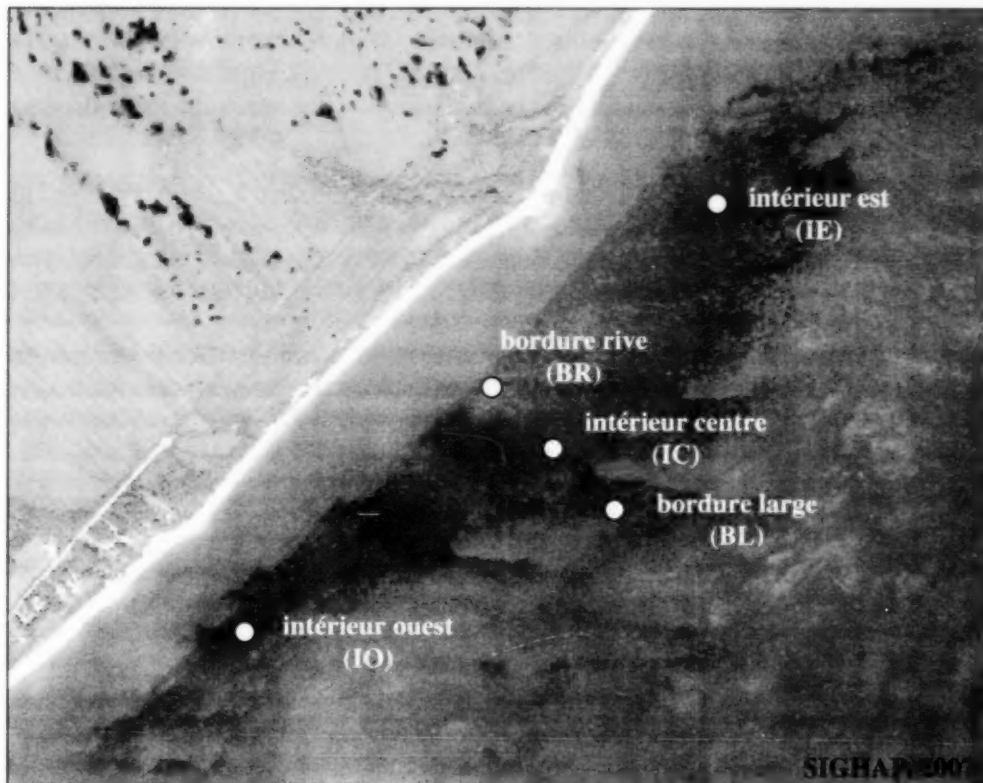
- Guille, A. 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la côte Catalane Française. Les communautés de la macrofaune. Vie et milieu, tome 21(1B), 149-280.
- Harrison, P.G. 1979. Reproductive strategies in intertidal populations of two co-occurring seagrasses (*Zostera* spp.). Can. J. Bot. 57(23): 2635-2638.
- Heck, K.L., JR., K.W. Able, C.T. Roman et M.P. Fahay. 1995. Composition, abundance, biomass and production of macrofauna in a New England estuary: comparisons among eelgrass meadows and other nursery habitats. Estuaries. 18(2): 379-389.
- Hemminga, M.A. 1998. The root/rhizome system of seagrasses: an asset and a burden. J. Sea Res. 39: 183-196.
- Hemminga, M.A. et C.M. Duarte. 2000. Seagrass ecology. Cambridge University Press. U.K. 298 p.
- Hily, C. et M. Bouteille. 1999. Modifications of the specific diversity and feeding guilds in an intertidal sediment colonized by an eelgrass meadow (*Zostera marina*) (Brittany, France). C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie. 322: 1121-1131.
- Hovel, K.A., M.S. Fonseca, D.L. Myer, W.J. Kenworthy et P.E. Whitfield. 2002. Effects of seagrass landscape structure, structural complexity and hydrodynamic regime on macrofaunal densities in North Carolina seagrass beds. Mar. Ecol. Prog. Ser. 243: 11-24.
- Jackson, E.L., A.A. Rowden, M.J. Attrill, S.J. Bossey et M.B. Jones. 2001. The importance of seagrass beds as a habitat for fishery species. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 39: 269-303.
- Joseph-Haché, V. 2001. Spatial and temporal distribution of fishes and decapods in and around eelgrass (*Zostera marina* L.) habitats of Kouchibouguac estuary, Canada. M.Sc Thesis. Mount Allison University, Sackville.
- Joseph-Haché, V., A. Locke et J.G.J. Godin. 2006. Spatial distribution of fishes and decapods in eelgrass (*Zostera marina* L.) and sandy habitats of a New Brunswick estuary, eastern Canada. Aquat. Ecol. 40:111-123.
- Kamermans, P., M.A. Hemminga et D.J. de Jong. 1999. Significance of salinity and silicon levels for growth of a formerly estuarine eelgrass (*Zostera marina*) population (Lake Grevelingen, The Netherlands). Mar. Biol. 133: 527-539.
- Krause-Jensen, D., M.F. Pedersen et C. Jensen. 2003. Regulation of eelgrass (*Zostera marina*) cover along depth gradients in Danish coastal waters. Estuaries. 26: 866-877.

- Krause-Jensen, D., A.L. Middelboe, K. Sand-Jensen et P.B. Christensen. 2000. Eelgrass, *Zostera marina*, growth along depth gradients : upper boundaries of the variation as a powerful predictive tool. *Oikos*. 91(2): 233-244.
- Lalumière, R. 1991. Distribution et caractérisation bioécologique de quelques zostérides de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent. Rapport présenté au Service canadien de la faune, Environnement Canada, 56 p.
- Lalumière, R., D. Messier, J.J. Fournier et C.P. McRoy. 1994. Eelgrass meadows in a low arctic environment, the northeast coast of James Bay, Quebec. *Aquat. Bot.* 47(3-4): 303-315.
- Lazzari, M.A., S. Sherman et J.K. Kanwit. 2003. Nursery use of shallow habitats by epibenthic fishes in Maine nearshore waters. *Est. Coast. Shelf Sci.* 56: 73-84.
- Leim, A.H. et W.B. Scott. 1972. Poissons de la côte Atlantique du Canada. Office des recherches sur les pêcheries du Canada, Ottawa. 525 p.
- Lemieux, C. et R. Lalumière. 1995. Répartition de la zostère marine (*Zostera marina*) dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent et dans la Baie des Chaleurs. Service canadien de la faune, Groupe environnement Shooner, 58 p.
- Mattila, J., G. Chaplin, M.R. Eilers, K.L. Heck Jr, J.P. O'Neal et J.F. Valentine. 1999. Spatial and diurnal distribution of invertebrate and fish fauna of a *Zostera marina* bed and nearby unvegetated sediments in Damariscotta River, Maine (USA). *J. Sea Res.* 41(4): 321-332.
- Naturam Environnement, 1999. Caractérisation biophysique, socio-économique et détermination des enjeux dans un secteur potentiel pour l'identification d'une zone de protection marine pilote: portion ouest de la MRC Manicouagan. Baie-Comeau. 311 p.
- Orth, R.J. 1973. Benthic infauna of eelgrass, *Zostera marina*, beds. *Chesapeake Sci.* 14: 258-269.
- Orth, R.J. 1977. The importance of sediment stability in seagrass communities. Dans: Coull, B.C. (ed.) *Ecology of marine benthos*. University of South Carolina Press, Columbia, p. 281-300.
- Orth, R.J., K.L. Heck et J. van Montfrans. 1984. Faunal communities in seagrass beds: a review of the influence of plant structure and prey characteristics on predator-prey relationships. *Estuaries*. 7(4A): 339-350.
- Robertson, A.I. et K.H. Mann. 1984. Disturbance by ice and life-history adaptations of the seagrass *Zostera marina*. *Mar. Biol.* 80: 131-141.

- Summerson, H.C. et C.H. Peterson. 1984. Role of predation in organizing benthic communities of a temperate-zone seagrass bed. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 15: 63-77.
- Thayer, G., W. Kenworthy et M. Fonseca. 1984. The ecology of eelgrass meadows of the Atlantic coast: a community profile. U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Ser. Prog. FWS/OBS-84/02, p. 147.
- Touchette, B.W., J.M. Burkholder et H.B.Jr Glasgow. 2003. Variations in eelgrass (*Zostera marina* L.) morphology and internal nutrient composition as influenced by increased temperature and water column nitrate. *Estuaries*. 26: 142-155.
- Underwood, A.J. 1997. Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press. U.K. 504 p.
- van Houtes-Howes, K.S.S., S.J. Turner et C.A. Pilditch. 2004. Spatial differences in macroinvertebrates communities in intertidal seagrass habitats and unvegetated sediment in three New Zealand estuaries. *Estuaries*. 27(6): 945-957.
- van Katwijk, M.M., G.H.W. Schmitz, A.P. Gasseling et P.H. van Avesaath. 1999. Effects of salinity and nutrient load and their interaction on *Zostera marina*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 190: 155-165.
- Ward, L.G., W.M. Kemp et W.R. Boynton. 1984. The influence of waves and seagrass communities on suspended particulates in an estuarine embayment. *Mar. Geol.* 59: 85-103.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geol.* 30 : 377-392.

Annexe 1. Localisation des sites d'échantillonnage à l'intérieur des différents secteurs de la péninsule de Manicouagan, (A) Pointe-aux-Outardes, (B) Baie St-Ludger et (C) Pointe-Manicouagan. Images satellitaires 2004

(A) secteur Pointe-aux-Outardes



Le secteur Pointe-aux-Outardes (PAO) a été visité en 2004 et en 2005.

2004 : cinq transects de 50 mètres de longueur positionnés parallèlement à la rive

2005 : seuls les trois transects intérieurs ont été visités

Annexe 1. Localisation des sites d'échantillonnage à l'intérieur des différents secteurs de la péninsule de Manicouagan. (A) Pointe-aux-Outardes. (B) Baie St-Ludger et (C) Pointe-Manicouagan. Images satellitaires 2004

(A) secteur Pointe-aux-Outardes

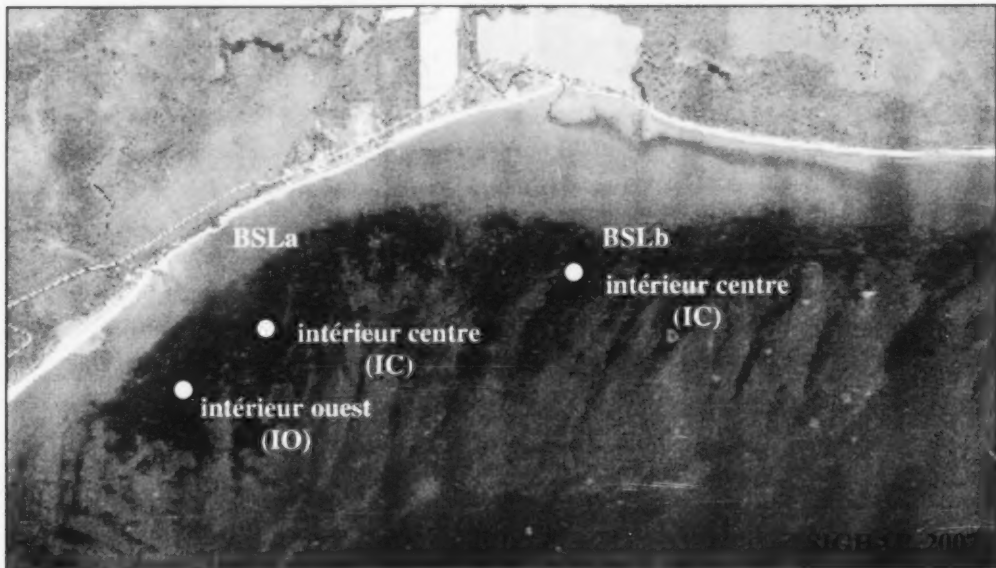


Le secteur Pointe-aux-Outardes (PAO) a été visité en 2004 et en 2005.

2004 : cinq transects de 50 mètres de longueur positionnés parallèlement à la rive

2005 : seuls les trois transects intérieurs ont été visités

(B) secteur Baie St-Ludger

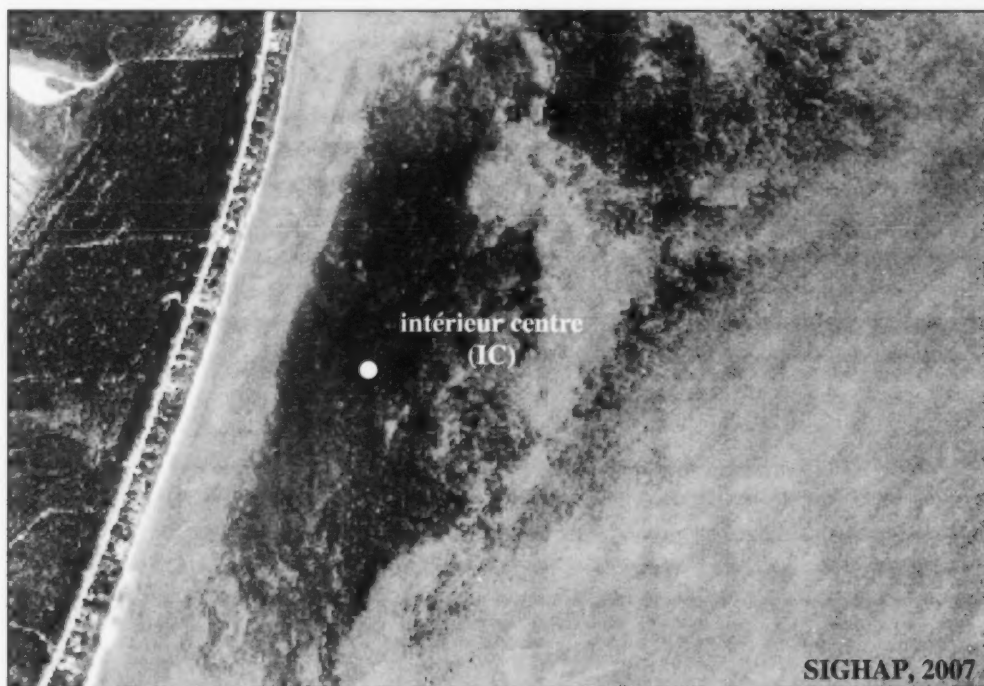


Le secteur Baie St-Ludger a été visité en 2004 (BSLa) et en 2005 (BSLb).

2004 : deux transects de 50 mètres de longueur positionnés parallèlement à la rive, à l'intérieur de l'herbier

2005 : une parcelle de 32 x 48 mètres, à l'intérieur de l'herbier

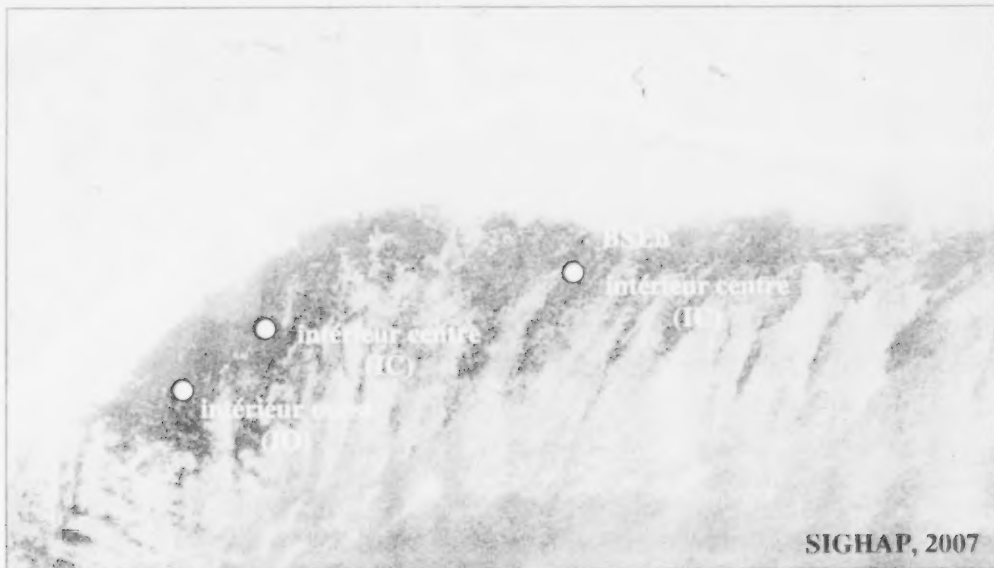
(C) secteur Pointe-Manicouagan



Le secteur Pointe-Manicouagan (PM) a été visité en 2005.

2005 : une parcelle de 32 x 48 mètres, à l'intérieur de l'herbier

(B) secteur Baie St-Ludger

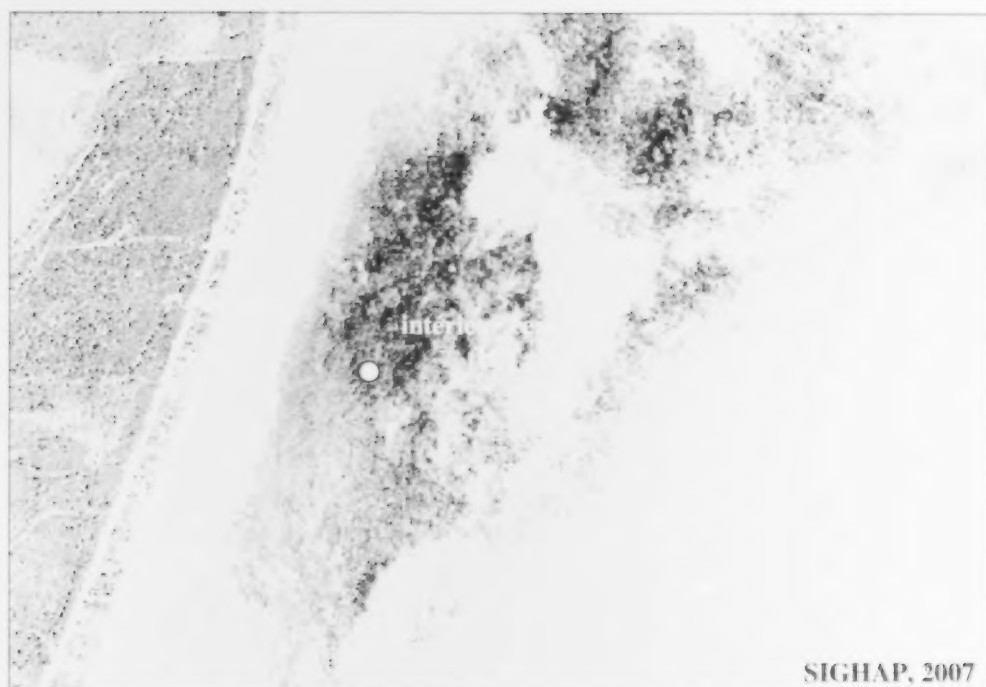


Le secteur Baie St-Ludger a été visité en 2004 (BSL.a) et en 2005 (BSL.b).

2004 : deux transects de 50 mètres de longueur positionnés parallèlement à la rive, à l'intérieur de l'herbier

2005 : une parcelle de 32 x 48 mètres, à l'intérieur de l'herbier

(C) secteur Pointe-Manicouagan

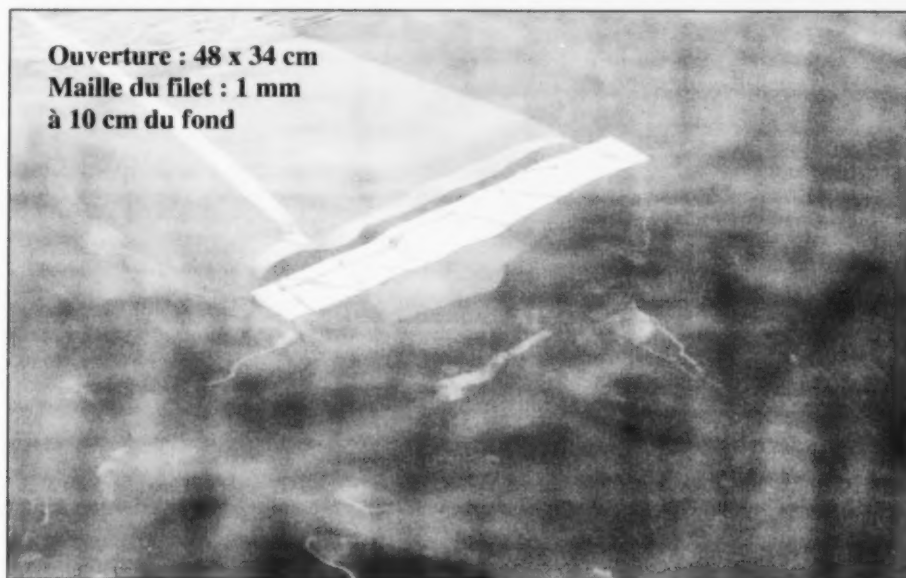


Le secteur Pointe-Manicouagan (PM) a été visité en 2005.

2005 : une parcelle de 32 x 48 mètres, à l'intérieur de l'herbier

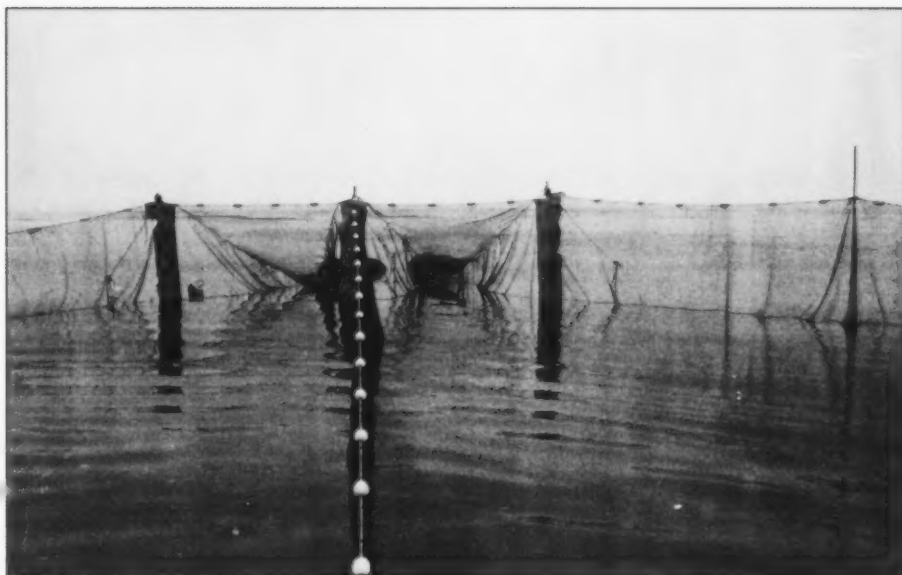
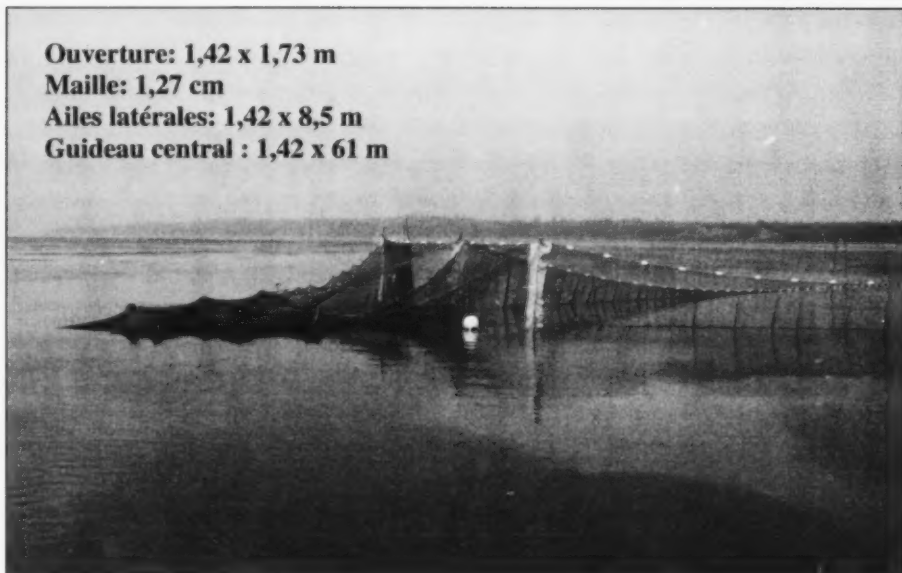
Annexe 2. Engins utilisés pour l'échantillonnage (A) de la faune suprabenthique et (B) de la faune ichthyenne.

(A) Traîneau suprabenthique



(B) Trappe Alaska

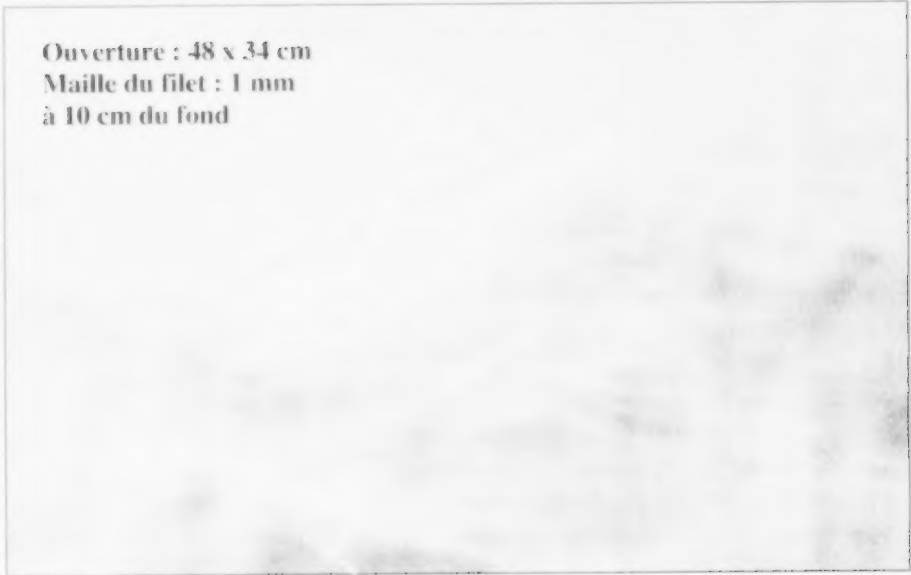
Ouverture: 1,42 x 1,73 m
Maille: 1,27 cm
Ailes latérales: 1,42 x 8,5 m
Guideau central : 1,42 x 61 m



Annexe 2. Engins utilisés pour l'échantillonnage (A) de la faune suprabenthique et (B) de la faune ichthyenne.

(A) Traineau suprabenthique

Ouverture : 48 x 34 cm
Maille du filet : 1 mm
à 10 cm du fond



(B) Trappe Alaska

Ouverture: 1,42 x 1,73 m
Maille: 1,27 cm
Ailes latérales: 1,42 x 8,5 m
Guideau central : 1,42 x 61 m



Annexe 3. Calendrier des périodes d'échantillonnage.

2001

20 août

2004

31 mai au 7 juin

30 juin au 5 juillet

29 juillet au 5 août

27 août au 3 septembre

2005

14 au 16 juin et 21 au 23 juin

21 au 22 juillet

19 au 24 août

17 au 19 septembre

Annexe 4. Analyse de variance multivariée par permutation (PERMANOVA, Anderson 2005) des assemblages granulométriques d'après l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis entre les secteurs (PAO, BSL et PM), les sites d'échantillonnage (BR, IC et BL) et leurs interactions.

	d.l.*	M.C.*	F	P
secteur	2	2931,12	15,23	< 0,0001
site	2	7044,55	36,61	< 0,0001
secteur * site	4	1790,27	9,30	< 0,0001

* d.l. = degrés de liberté ; M.C. = moyennes des carrées utilisées pour calculer la valeur de F.

Annexe 5. Analyses de variance des différentes variables caractérisant la zostère marine aux secteurs de l'herbier. Secteurs : PAO = Pointe-aux-Outardes, BSLa = Baie St-Ludger 2004, BSLb = Baie St-Ludger 2005, PM = Pointe-Manicouagan.

			biomasse des feuilles	biomasse du système racinaire	ratio F : R	densité de tiges	tiges reproductrices
ANOVA à 1 facteur	variation annuelle (PAO, 2004 et 2005)	d.l.	1	1	1	1	1
		M.C.	207,388	77404,120	0,201	422169,624	172,987
		F	0,053	3,149	4,102	1,191	2,371
		P	0,820	0,090	0,055	0,287	0,138
	variation spatiale entre secteurs (PAO, BSL et PM septembre 2005)	d.l.	2	2	2	2	2
		M.C.	4404,904	0,376	0,107	1,090	986,416
		F	1,145	4,089	6,225	5,946	9,187
		P	0,031	0,026 ¹	0,005 ²	0,006 ¹	0,001
	variation spatiale sites intérieurs (PAO et BSLa septembre 2004)	d.l.	4	4	4	4	4
		M.C.	0,675	115462,259	1,133	29,299	139,942
F		1,827	4,839	6,024	0,390	2,670	
P		0,137 ¹	0,002	< 0,0001	0,815 ²	0,042	
ANOVA à 2 facteurs	variation saisonnière (juin à sept.) et spatiale (sites intérieurs et bordures)	d.l.	2	1	—	2	2
		M.C.	210718,599	31180,978	—	2237431,460	456,512
		F	5,316	1,483	—	5,712	2,345
		P	0,006	0,226	—	0,004	0,100
	PAO-2004	d.l.	4	4	4	4	4
		M.C.	331519,105	289498,036	0,806	5493698,947	1132,090
		F	8,363	13,770	2,597	14,024	5,815
		P	< 0,0001	< 0,0001	0,051	< 0,0001	< 0,0001
	temps = site	d.l.	8	4	—	8	8
		M.C.	19718,557	26046,056	—	413208,370	307,257
F		0,497	1,239	—	1,055	1,578	
P		0,857	0,299	—	0,397	0,138	

d.l.= degrés de liberté; M.C. = moyennes des carrés utilisées pour calculer la valeur du F.

¹ transformation logarithmique

² transformation racine carrée

Annexe 5 (suite). Analyses de variance des différentes variables caractérisant la zostère marine aux secteurs de l'herbier. Secteurs : PAO = Pointe-aux-Outardes, BSLa = Baie St-Ludger 2004, BSLb = Baie St-Ludger 2005, PM = Pointe-Manicouagan.

			hauteur de la canopée	longueur des feuilles	largeur des feuilles	nombre de feuilles par tige	recouvrement (mm ² /tige)	recouvrement (m ² /m ²)
ANOVA à 1 facteur	variation annuelle (PAO, 2004 et 2005)	d.l.	1	1	1	1	—	—
		M.C.	74928,375	186048,524	10,335	58,615	—	—
		F	3,753	10,329	21,825	27,837	—	—
		P	0,066	0,001	< 0,0001	< 0,0001	—	—
	variation spatiale entre secteurs (PAO, BSL, PM septembre 2005)	d.l.	2	2	2	2	2	2
		M.C.	105968,444	580103,866	24,391	41,082	8668153,603	0,047
		F	5,448	29,281	55,401	12,044	17,275	0,421
		P	0,009	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,660 ²
	variation spatiale sites intérieurs (PAO et BSLa septembre 2004)	d.l.	4	4	4	4	—	—
		M.C.	54,789	456231,161	21,298	4,943	—	—
		F	5,255	20,374	49,759	1,719	—	—
		P	0,001 ²	< 0,0001	< 0,0001	0,144	—	—
ANOVA à 2 facteurs	variation saisonnière (juin à sept.) et spatiale (sites intérieurs et bordures)	mois	d.l.	3	3	3	3	—
			M.C.	3,304	50,702	31,791	102,560	—
			F	40,800	65,896	64,232	18,420	—
			P	< 0,0001 ¹	< 0,0001 ¹	< 0,0001	< 0,0001	—
		site	d.l.	4	4	4	4	—
			M.C.	0,997	28,849	116,166	10,546	—
			F	12,309	37,494	234,706	1,894	—
			P	< 0,0001 ¹	< 0,0001 ¹	< 0,0001	0,109	—
	PAO-2004	mois * site	d.l.	12	12	12	12	—
			M.C.	0,248	3,526	5,526	23,600	—
			F	3,061	4,582	11,166	4,239	—
			P	0,001 ¹	< 0,0001 ¹	< 0,0001	< 0,0001	—

d.l. = degrés de liberté; M.C. = moyennes des carrés utilisées pour calculer la valeur du F.

¹ transformation logarithmique

² transformation racine carrée

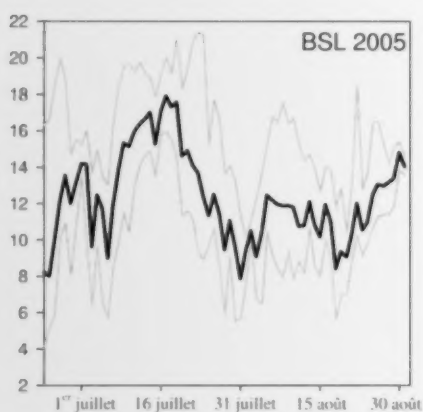
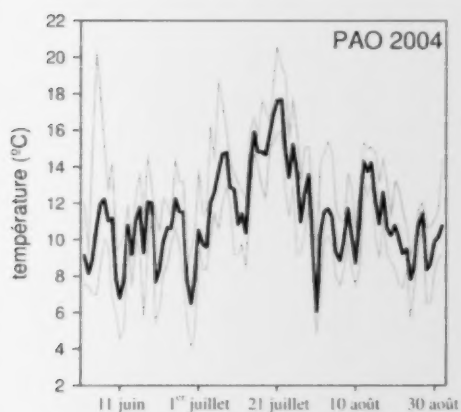
Annexe 6. Analyses de variance des caractéristiques univariées de la faune prélevée autour de la péninsule de Manicouagan. Sites : BR = bordure rive, BL = bordure large, IO = intérieur ouest, IC = intérieur centre, IE = intérieur est.

		nombre d'espèces	abondance	biomasse	équité	diversité
ANOVA à 1 facteur	FAUNE BENTHIQUE comparaison entre les sites (BR, BL, IO, IC et IE)	d.l.	4	4	4	4
		M.C.	113,692	2,71 E+08	1,548	0,378
		F	12,637	12,106	2,534	6,854
		P	< 0,0001	< 0,0001	0,050 ¹	< 0,0001
	FAUNE BENTHIQUE comparaison herbier (intérieur uniquement) et banc coquillier	d.l.	1	1	1	1
		M.C.	3,756	304211,736	849,011	0,226
		F	26,358	32,829	13,542	24,446
		P	< 0,0001 ²	< 0,0001	0,001	< 0,0001
	FAUNE ICHTYENNE comparaison entre les années (2004 et 2005)	d.l.	1	1	—	1
		M.C.	1,638	0,983	—	0,269
		F	0,584	0,925	—	6,517
		P	0,435	0,343 ¹	—	0,015
ANOVA à 2 facteurs	FAUNE ÉPIPHYTE temps (juillet, août et sept. 2004)	d.l.	—	2	2	—
		M.C.	—	0,146	0,004	—
		F	—	3,749	4,283	—
		P	—	0,026	0,016	—
	site (BR, BL, IO, IC et IE)	d.l.	—	4	4	—
		M.C.	—	0,090	0,002	—
		F	—	2,307	2,511	—
		P	—	0,062	0,045	—
	temps * site	d.l.	—	8	8	—
		M.C.	—	0,050	0,002	—
		F	—	1,283	1,921	—
		P	—	0,258	0,063	—

d.l. = degrés de liberté ; M.C. = moyennes des carrés utilisées pour calculer la valeur du F.

¹ transformation logarithmique et ² transformation racine carrée

Annexe 7. Température moyenne journalière de l'eau (°C, trait noir) du 1^{er} juin au 2 septembre 2004 au secteur Pointe-aux-Outardes (PAO) et du 23 juin au 31 août 2005 au secteur Baie St-Ludger (BSL). Les traits gris représentent les valeurs minimums et maximums journalières.



	PAO (2 juin au 31 août 2004)				BSLb (23 juin au 31 août 2005)			
	moyenne	écart-type	min	max	moyenne	écart-type	min	max
juin	9,9	1,8	4,1	20,3	10,8	2,2	4,1	19,9
juillet	13,2	2,6	4,8	20,6	13,6	2,8	5,6	21,4
août	10,6	1,6	5,7	15,4	11,4	1,5	5,7	18,6

Annexe 8. Variation spatiale et saisonnière de la zostère marine à l'été 2004. Secteurs : PAO = Pointe-aux-Outardes, BSLa = Baie St-Ludger 2004. Sites : BR = bordure rive, BL = bordure large, IO = intérieur ouest, IC = intérieur centre, IE = intérieur est.

		PAO					BSLa	
		BR	BL	IO	IC	IE	IO	IC
Biomasse des feuilles (g/m ²)	juillet	55,6 ± 92,1	40,7 ± 58,0	239,2 ± 135,6	98,9 ± 52,5	145,0 ± 52,4	—	—
	août	136,9 ± 149,3	205,2 ± 247,5	434,6 ± 567,3	127,2 ± 55,3	265,8 ± 193,1	—	—
	septembre	117,0 ± 189,1	82,4 ± 130,0	310,3 ± 152,0	163,0 ± 48,3	246,4 ± 187,1	147,8 ± 60,9	186,6 ± 91,1
Biomasse du système racinaire (g/m ²)	juin	121,4 ± 136,1	263,1 ± 195,4	304,9 ± 95,4	384,9 ± 125,7	308,9 ± 153,8	—	—
	septembre	88,1 ± 137,7	122,4 ± 153,2	341,4 ± 138,7	368,1 ± 167,3	302,0 ± 123,7	431,1 ± 161,2	553,2 ± 175,5
Ratio F : R	septembre	1,4 ± 0,8	0,6 ± 0,4	1,0 ± 0,6	0,5 ± 0,3	0,9 ± 0,7	0,4 ± 0,2	0,3 ± 0,2
Densité de tiges (nombre/m ²)	juillet	361 ± 569	276 ± 409	679 ± 393	891 ± 524	1157 ± 462	—	—
	août	552 ± 608	541 ± 710	1294 ± 786	1125 ± 540	987 ± 388	—	—
	septembre	562 ± 994	414 ± 638	1358 ± 516	1538 ± 499	1411 ± 947	1379 ± 503	1613 ± 615
Hauteur de la canopée (mm)	juin	294 ± 34	425 ± 98	416 ± 103	323 ± 65	328 ± 87	—	—
	juillet	521 ± 122	418 ± 47	719 ± 200	411 ± 92	452 ± 136	—	—
	août	620 ± 238	849 ± 142	714 ± 264	412 ± 84	722 ± 218	—	—
	septembre	749 ± 211	575 ± 242	734 ± 185	510 ± 95	679 ± 239	512 ± 133	509 ± 132

Annexe 8 (suite). Variation spatiale et saisonnière de la zostère marine à l'été 2004. Secteurs : PAO = Pointe-aux-Outardes, BSLa = Baie St-Ludger 2004. : BR = bordure rive, BL = bordure large, IO = intérieur ouest, IC = intérieur centre, IE = intérieur est.

		PAO					BSLa	
		BR	BL	IO	IC	IE	IO	IC
Longueur des feuilles (mm)	juin	101 ± 58	143 ± 74	165 ± 95	107 ± 60	107 ± 59	—	—
	juillet	189 ± 117	153 ± 89	271 ± 162	153 ± 93	165 ± 94	—	—
	août	228 ± 150	290 ± 199	273 ± 175	161 ± 98	255 ± 180	—	—
	septembre	296 ± 209	229 ± 187	242 ± 173	154 ± 116	237 ± 209	165 ± 117	172 ± 112
Largeur des feuilles (mm)	juin	2,6 ± 0,6	2,9 ± 0,7	3,4 ± 0,9	2,4 ± 0,7	2,5 ± 0,6	—	—
	juillet	3,1 ± 0,6	2,8 ± 0,5	3,9 ± 0,9	2,7 ± 0,7	2,7 ± 0,6	—	—
	août	3,4 ± 0,7	3,2 ± 0,7	3,6 ± 0,9	2,8 ± 0,6	3,2 ± 0,6	—	—
	septembre	3,1 ± 0,8	3,0 ± 0,8	3,3 ± 0,8	2,7 ± 0,7	2,8 ± 0,6	2,8 ± 0,6	2,6 ± 0,6
Nombre de feuilles par tige	juin	3,8 ± 1,4	5,1 ± 2,0	4,3 ± 1,2	4,8 ± 1,6	4,7 ± 1,9	—	—
	juillet	5,4 ± 2,4	4,9 ± 1,4	5,5 ± 1,9	4,8 ± 1,6	5,2 ± 2,2	—	—
	août	5,9 ± 3,5	8,2 ± 7,1	4,8 ± 1,3	5,4 ± 2,5	5,8 ± 4,1	—	—
	septembre	5,2 ± 1,6	4,6 ± 1,9	4,9 ± 1,3	4,7 ± 1,8	5,1 ± 2,6	4,5 ± 1,2	4,5 ± 1,3
Tiges reproductrices (%)	juillet	19,6 ± 10,2	16,7 ± 40,8	3,5 ± 8,4	5,3 ± 8,6	13,9 ± 13,5	—	—
	août	17,1 ± 24,3	31,0 ± 22,0	0,5 ± 1,7	7,8 ± 7,9	14,1 ± 13,4	—	—
	septembre	17,0 ± 23,6	1,0 ± 2,5	1,3 ± 4,3	8,2 ± 10,1	9,9 ± 6,6	7,33 ± 5,8	4,42 ± 7,1

Annexe 9. Densité (nombre d'individus/m²) et biomasse (g PH/m²) des taxons de la faune benthique récoltée dans le banc coquillier (été 2001). Pour chaque site, n = 12 échantillons.

	banc coquillier, site 1		banc coquillier, site 2	
	densité (nombre/m ²)	biomasse (g/m ²)	densité (nombre/m ²)	biomasse (g/m ²)
Annelida				
<i>Capitella capitata</i> ²	286 ± 583	0,20 ± 0,44	74 ± 158	0,02 ± 0,03
<i>Eteone longa</i> ³	21 ± 74	0,44 ± 1,51	0	0
<i>Exogone hebes</i> ¹	562 ± 481	0,19 ± 0,16	509 ± 687	0,18 ± 0,21
<i>Microphthalmus aberrans</i> ³	11 ± 37	0,01 ± 0,02	0	0
<i>Nereis virens</i> ¹	212 ± 157	14,93 ± 15,65	95 ± 79	6,34 ± 6,92
<i>Oligochaeta</i> ¹	1889 ± 1502	0,72 ± 0,59	5772 ± 5170	1,43 ± 0,76
<i>Pygospio elegans</i> ¹	3894 ± 3245	1,53 ± 1,37	1411 ± 1392	0,36 ± 0,40
Arthropoda				
Copepoda ¹	1475 ± 1692	0,04 ± 0,03	3692 ± 4638	0,04 ± 0,03
<i>Edotea triloba</i> ³	0	0	11 ± 37	0,01 ± 0,02
<i>Gammarus lawrencianus</i> ¹	1390 ± 984	1,43 ± 0,92	4340 ± 5271	4,69 ± 5,25
<i>Gammarus oceanicus</i> ²	42 ± 83	0,04 ± 0,08	21 ± 74	0,01 ± 0,04
<i>Gammarus</i> sp. post-marsupial ¹	318 ± 382	0,04 ± 0,05	393 ± 422	0,07 ± 0,08
<i>Mancocuma stellifera</i> ²	64 ± 115	0,03 ± 0,04	0	0
Mollusca				
<i>Littorina</i> sp. ³	32 ± 79	0,87 ± 2,07	0	0
<i>Macoma balthica</i> ¹	424 ± 245	42,14 ± 33,30	42 ± 63	7,71 ± 16,18
<i>Mesodesma arctatum</i> ³	0	0	11 ± 37	71,69 ± 248,35
<i>Mya arenaria</i> ²	233 ± 187	470,72 ± 1010,18	32 ± 79	595,08 ± 1393,51
Acarina ³	11 ± 37	0,01 ± 0,02	0	0
Cnidaria <i>Obelia dichotoma</i> ²	présence	0,02 ± 0,03	présence	0,01 ± 0,02
Foraminiferida ¹	233 ± 391	0,17 ± 0,24	403 ± 609	0,33 ± 0,59
Nematoda ¹	25 433 ± 13 948	0,91 ± 0,42	13 242 ± 9731	0,42 ± 0,28
Nemertea ²	0	0	85 ± 125	0,03 ± 0,03
Ostracoda ³	11 ± 37	0,01 ± 0,02	0	0

¹ espèces constantes (coefficient de fréquence ≥ 50 %)

² espèces communes (11 % à 49 %)

³ espèces rares (≤ 10 %)

Annexe 10. Indices gonado-somatiques (moyenne \pm écart-type, minimum, maximum) des individus matures récoltés dans les secteurs Baie St-Ludger et Pointe-Manicouagan à l'été 2005.

		n	moyenne \pm écart-type	minimum	maximum
juin	<i>Ammodytes americanus</i>	31	0,67 \pm 0,47	0,10	1,93
	<i>Cyclopterus lumpus</i>	1	4,58	—	—
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	144	16,57 \pm 7,94	0,31	39,00
	<i>Gasterosteus wheatlandi</i>	11	19,88 \pm 6,97	7,57	30,38
	<i>Microgadus tomcod</i>	177	0,48 \pm 0,25	0,05	1,53
	<i>Osmerus mordax</i>	61	2,47 \pm 6,04	0,13	32,04
	<i>Pholis gunellus</i>	1	0,36	—	—
juillet	<i>Ammodytes americanus</i>	59	3,76 \pm 3,79	0,18	15,95
	<i>Cyclopterus lumpus</i>	1	0,51	—	—
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	57	19,24 \pm 8,47	0,12	37,62
	<i>Gasterosteus wheatlandi</i>	0	—	—	—
	<i>Microgadus tomcod</i>	60	0,50 \pm 0,19	0,09	0,87
	<i>Osmerus mordax</i>	38	0,45 \pm 0,28	0,04	1,25
août	<i>Ammodytes americanus</i>	20	10,11 \pm 7,81	1,64	24,48
	<i>Cyclopterus lumpus</i>	0	—	—	—
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	76	5,71 \pm 8,41	0,08	42,87
	<i>Gasterosteus wheatlandi</i>	39	1,68 \pm 1,23	0,28	6,59
	<i>Microgadus tomcod</i>	130	0,35 \pm 0,26	0,03	1,63
	<i>Osmerus mordax</i>	16	0,63 \pm 0,42	0,14	1,81
	<i>Pungitius pungitius</i>	2	0,63 \pm 0,24	0,47	0,80
septembre	<i>Ammodytes americanus</i>	4	15,28 \pm 0,47	8,72	19,75
	<i>Cyclopterus lumpus</i>	0	—	—	—
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	16	1,25 \pm 1,03	0,14	4,61
	<i>Gasterosteus wheatlandi</i>	3	1,64 \pm 0,23	1,40	1,87
	<i>Microgadus tomcod</i>	51	1,72 \pm 0,02	0,10	7,72
	<i>Osmerus mordax</i>	2	1,80 \pm 0,09	1,74	1,87
	<i>Pungitius pungitius</i>	1	1,31	—	—

